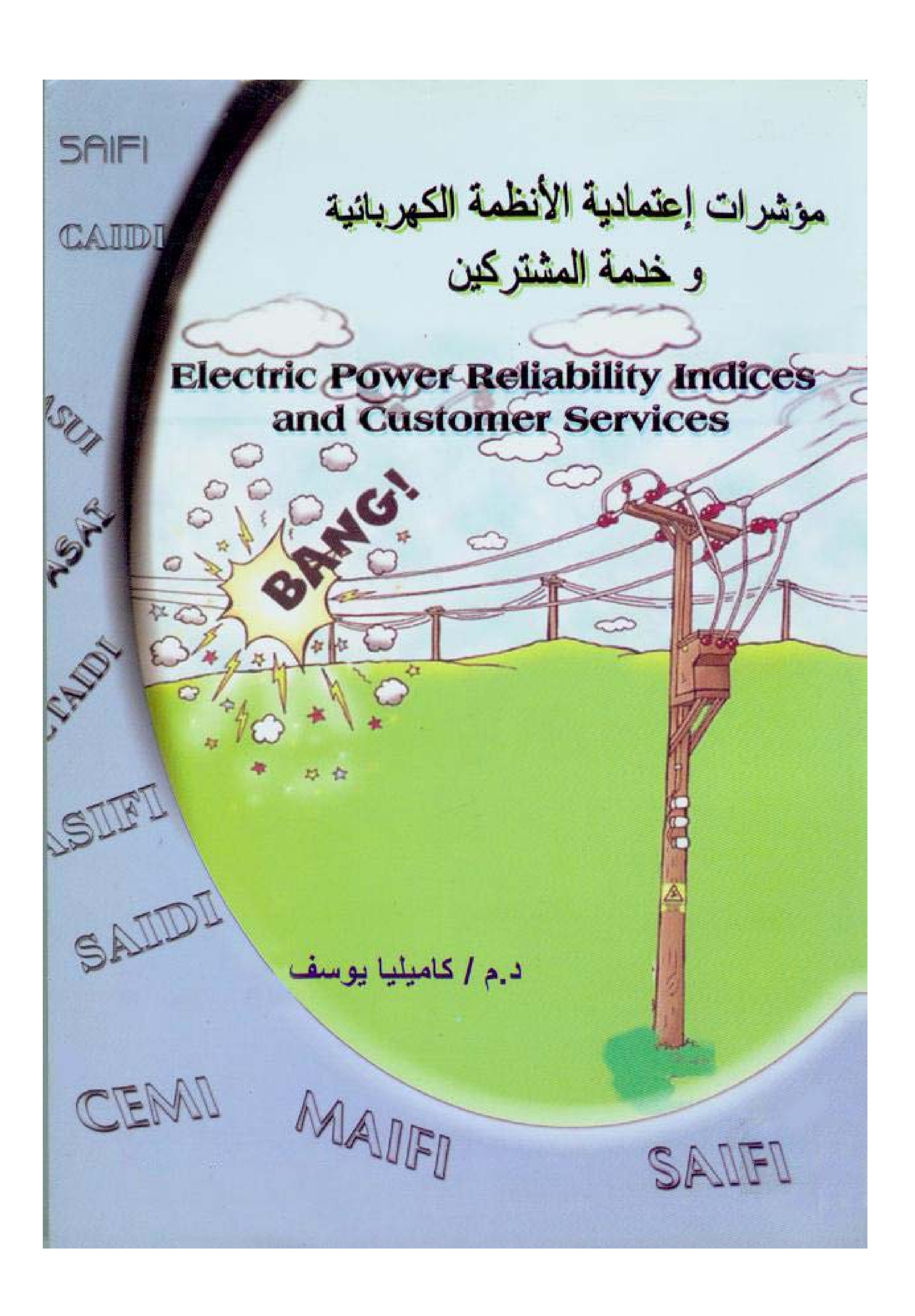


مؤشرات إعتمادية الأنظمة الكهربائية
و خدمة المشتركين
Electric Power Reliability Indices
and Customer Services
BANG!
د.م / كاميليا يوسف
SAIFI
CAIDI
SAIDI
CEMI
MAIFI
SAIFI

مؤشرات إعتمادية الأنظمة الكهربائية
وخدمة المشتركين

Electric Power Reliability Indices
and Customer Services

د.م/ كاميليا يوسف

تصميم الغلاف
مهندس / أحمد طه هاشم

قال علي بن أبي طالب (رضي الله عنه) لرجل أســـمه كميل سأله المال أفضل أم العلم ؟؟فقال :

ياكميل العلم خير من المال
العلم يحرسك وأنت تحرس المال
والعلم حاكم والمال محكوم عليه
والمال تنقصه النفقة والعلم يزكو بالانفاق



بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

يحدث تطور سريع و مستمر فى عدد و نوعية أنشطة المشتركين ملازماً للتقدم المذهل فى تكنولوجيا الأجهزة و المعدات الكهربائية، و الذى يصاحبه زيادة فى معدل الطلب على الطاقة و بالتالى الإحتياج إلى إنشاء محطات إنتاج الكهرباء و شبكات النقل و المحطات الفرعية و شبكات التوزيع ، مما يؤدى إلى زيدة مكونات الشبكات الكهربائية و تشعب و إتساع إمتدادها.

أظهرت العشرين عاماً الماضية إهتماماً عالمياً متزايداً بمؤشرات : الإعتمادية و الإتاحية و جودة التغذية بغرض إستخدامها فى تصميم و صيانة و تشغيل الأنظمة الكهربائية ، و تركز الإهتمام على أنظمة إنتاج الكهرباء و شبكات النقل للجهود العالية و الفائقة و ذلك لأن فصل أى قاطع تيار بها يؤدى إلى فقد شامل لأحمال منطقة شاسعة.... و لذلك يتم تصميم مكونات محطات الإنتاج و النقل لتكون أكثر مكونات الشبكة إعتمادية، و يكون من السهل حساب هذه المؤشرات لأنظمة الإنتاج و شبكات النقل و ذلك لأن مكوناتها محددة .. بينما لم تأخذ شبكات التوزيع الأهتمام الكافى لتحديد مستوى هذه المؤشرات إلا منذ عدة سنوات.

تشير مؤشرات الإعتمادية و الإتاحية إلى الإنقطاعات الكاملة للقدرة الكهربائية، بينما تركز جودة التغذية على خصائص مصدر التغذية و التى تؤثر على أداء الأنظمة الرقمية الحساسة. من هذه الخصائص المؤثرة : إنحدارات الجهد. كما أن الجودة لا تؤثر فقط على خصائص المصدر و لكن تؤثر أيضا على المعدات و عمليات الإنتاج الخاصة بأحمال المشتركين.

و لذلك أصبح من الأهمية التمييز بين الإعتمادية و جودة التغذيـــة ، حيـث أن الإعتماديـة تشير إلى أن الجهد يساوى صفر ، و الذى يؤدى إلى الفصل الكامل لأحمال المشتركين عن مصادر التغذية الكهربائية ، بينما فىحالة جودة التغذية فـإن الجهـد، عـادة ، لا يسـاوى الصفر عند مداخل أحمال المشتركين أو عند بداية تغذيـة المشـتركين، و يظـل الإتصـال بمصدر التغذية فى حالته الأصلية السليمة.

و لقد إستطاعت وزارة الكهرباء و الطاقة أن تحقق إنجازات ضخمة ، لجمهور المشتركين، من أهمها : تحسـين الخدمة للمشـتركين و تيسـير إجراءات توصيـل التيار الكهربـى و سـرعة إصلاح الأعطال و إستخدام تقـنيات حديثـة لقراءة العدادات و التحصيل.

كذلك أولت وزارة الكهرباء و الطاقة أهتماماً كبيراً بجودة التغذية الكهربائيـة للمشـتركين حيث تخطت مرحلة توفير إنتاج الطاقة الكهربائية و بدأ التركيز علـى تحسـين و جـودة التغذية الكهربائية الموردة للمسـتهلكين بإعتبار ذلك مطلباً هاماً و ضرورياً مـن الناحيـة الإقتصادية و الإجتماعية خاصةً بالنسبة للصناعات عالية التكنولوجيا حيـث تحتـاج هـذه النوعية لتغذية كهربائية ذات خصائص عالية الجودة.

و لقد حرصت الشركة القابضة لكهرباء مصر على تحسـين أداء الشركات التابعة و تقديم أفضل الخدمات للمستهلكين و الحرص على وصول القدرة الكهربائية لأحمـال المشـتركين بدون إنقطاعات.

و حددت الأهداف الآتية:

- تخفيض الإنقطاعات بتحسين كفاءة أنظمة التوزيع و رفع درجة الإعتمادية لضمان ثقتهم و مما لا يعرض الأجهزة و المعدات لإضـطرابات الجهـد أو الأعطـال أو الإنقطاعات المتكررة مما يؤدى إلى الوصول إلى القيم القياسية عند المشتركين.
- تحسين جهد مصادر التغذية مما يشجع المشتركين و يبعث فيهم الثقـة بشـركات الكهرباء و حيث أصبح هدف جميع شركات توزيع الكهرباء هـو تـوفير الطاقـة الكهربائية للمشتركين بأحسن جودة و أعلى إستمرارية فى التغذية الكهربائية .

و تعتبر مؤشرات الجودة هى صورة شركات توزيع الكهرباء إذ أنها تعكس مستوى الخدمة الذى تم الوصول إليه.

يعكس كتاب " مؤشرات إعتمادية الأنظمة الكهربائية و خدمة المشتركين " أهمية موضوع مؤشرات الإعتمادية و ذلك بالإعتماد على أحدث المراجع و على ما توصل إليه الباحثون بالمجال و يتناول الكتاب موضوعات:

مؤشرات الإعتمادية ، العناصر المؤثرة ، الحساب الكمى ، تحليل الإعتمادية ، أمثلة لتحليل الإعتمادية ، الطرق العامة لتحسين الإعتمادية ، تكاليف الإعتمادية، مؤشرات إنخفاض الجهد.

أتمنى أن يتقبل الله هذا العمل و أن يحقق الغاية و الهدف المرجو منه و هو إنتفاع العاملين بهذا المجال و أن يساهم فى التوعية بموضوعات الإعتمادية و الإتاحية.

و الله الموفق إلى مافيه الخير لبلدنا

القاهرة

مارس 2006

م/ فوزية أبو نعمة

العضو المتفرغ لشئون شركات الإنتاج و النقل والتوزيع

الشركة القابضة لكهرباء مصر

بسم الله الرحمن الرحيم

مقـــــــــــدمة

أصبح تقييم وتحسين اعتمادية أنظمة التوزيع هو الشاغل الأكبر لاهتمامات شركات توزيع الكهرباء، وذلك لتحقيق خدمة مميزة للمشتركين من خلال شبكة كهربائية ذات اعتمادية عالية.

فعادة تطور شركات توزيع الكهرباء الشبكات والمنظومات تبعاً لمعـــايير خطـــة معتمـــدة، ومن أمثلة هذه المعايير خصائص الانقطاعات التي يجب أن يتحملها النظام.

ولتحقيق مستوي اعتمادية عالي فيجـــب أن تســـجل مؤشـــرات الاعتماديـــة : أي عـــدد الانقطاعات وفترات الانقطاع، علي مدي سنوات، وبناء علي ذلك توضع قيم محددة كهـــدف للوصول إليه ويتم بناء قاعدة بيانات تستخدم في تحليل ودراسة هذه المؤشرات.

نـــظراً لأهميـــة موضوع مؤشرات الاعتمادية كان العمل علـــي إصـــدار هـــذا الكتـــاب : " مؤشرات اعتمادية الأنظمة الكهربائية وخدمة المشتركين ".

ويحتوي الكتاب علي عدد 15 باب ويدور حول الموضوعات الآتية :

حساب مؤشرات الاعتمادية – تحليلهـــا – دوال الأعطـــال – الطـــرق العامـــة لتحســـين الاعتمادية – تسجيل وقياس الانقطاعات – تكاليف الاعتمادية – مؤشرات انحدار الجهد.

إن الدعوة الدائمة والمستمرة للسيد د. م / حسن يونس وزير الكهرباء والطاقـــة لتقـــديم مستوي خدمة مميزة للمشتركين وجودة تغذية والحفاظ علي استمرارية التغذية الكهربائيـــة كان العامل الأكبر لإعداد وإصدار هذا الكتاب.

وأتقدم بالشكر للسيد د. م / محمد محمد عوض رئيس مجلـــس إدارة الشـــركة القابضـــة لكهرباء مصر علي تشجيع سيادته علي القيام بهذا العمل.

كذلك أتقدم بالشكر للسيدة المهندسة / فوزية أبو نعمه العضو المتفرغ لشئون شركات الإنتاج والنقل والتوزيع، بالشركة القابضة لكهرباء مصر، علي تفضل سيادتها بمقدمة الكتاب.

وأخص بالشكر السيد المهندس / محمد حسين عاشور رئيس مجلس الإدارة والعضو المنتدب لشركة الإسكندرية لتوزيع الكهرباء علي تبنيه هذا العمل وتوجيهات سيادته لطباعة الكتاب علي نفقة الشركة حتى يخرج بهذه الصورة المشرفة.

ولقد قامت دار الجامعيين للطباعة والنشر بجهد مشكور لإخراج هذا الكتاب بهذه الصورة الطيبة.

و الحمد لله فى الأولى و الآخرة

وصلي الله علي سيدنا محمد وعلي آله وصحبه وسلم

د. م / كاميليا يوسف محمد

الإسكندرية

مارس ٢٠٠٦

الفهرس

الباب الخامس عشر



الباب الأول

مقدمة

Introduction

فى السنوات السابقة كانت تؤخذ القرارات الخاصة بإعتمادية أنظمة القوى الكهربائية على أساس الخبرة والرأى الهندسى . وكانت تحقق نتائج بسيطة ومقبولة نسبيا لأنظمة القوى الكهربائية. ونتيجة لتغير تشكيل وهيكلة الشبكات ومكوناتها والتى أصبحت أكثر تعقيدا . فلقد تغيرت الطرق التجريبية الحسابية (empirical approaches) وحلت مكانها طرق أكثر شدة وصرامة (تعقيدا) موضوعة على أسس رياضية و نظريات الإعتمادية .

ولا تعتمد هذه العمليات والطرق فقط على الحسابات ولكن أيضا على التطور العلمى فى البلدان المختلفة ونظرا لتطور الأجهزة والتى أصبحت أكثر تعقيدا لذا أصبح منتشرا إستخدام النماذج (models) الرياضية وبرامج الحاسبات الآلية .

يذكر أن تاريخ الدراسات الأولية للإعتمادية ترجع إلى أيام الحرب العالمية الثانية عندما ساد الشعور بضرورة إيجاد طرق لتقييم معدل نجاح الأسلحة المعقدة وبعد الحرب أستخدمت هذه الطرق لتقييم الأجهزة الألكترونية فى مجال التكنولوجيات .

أهتمت أغلب التطبيقات بالأجهزة والأنظمة التى لم تتعرض لإصلاحات حيث أن أول عطل سينهى العمر الفعلى للجهاز أو النظام .

عادة يحتاج لإجراء تحليل الإعتمادية للأنظمة التى تم تصليحها (بفرض إستمرارية الفائدة منها بعد تصليح العطل) إلى نماذج رياضية أكثر تعقيدا ولقد تطورت أول الطرق الموضوعة على أساس النماذج الرياضية فى 1960's وكان قد أقترحت الطرق البسيطة للتقييم فى بداية عام 1947 وإستلزم البدء فى المحاولة الكاملة لنماذج عمليات تصليح الأعطال فى أواخر 1960's.

قبل الحرب العالمية الثانية نشر فعليا الأقتراح الأول لإستخدام الطرق الإحتمالية لتوقع إعتمادية أنظمة القوى وإستمر تطور الطرق الإحتمالية حتى الآن .

اليوم ، تسببت بيئة التشغيل الجديدة لأنظمة القوى الكهربائية ، والتى إستلزمت المنافسة والأقتراب المباشر بين موردى الطاقة والمشتركين, فى إتجاه جديد للأفكار والأهداف والمعايير المطبقة للإعتمادية . لهذا الإتجاه الجديد, أمكن تقييم المخاطر المصاحبة للسيناريوهات المختلفة بإستخدام طرق الإحتمالية وهكذا أكتسب التطوير والنقاء ,لكل طريقة, عملاً عاجلاً أكثر.

الإعتمادية Reliability

لفظ الإعتمادية هو تعبير عام فى المعنى. عموما تشير الإعتمادية إلى مقدرة النظام لأداء وظائفه المعينة وفيها تساعد الخبرة السابقة لتشكيل تقييم مسبق للأداء المستقبلى.

من تعريفات الإعتمادية المفيدة, التعريف التالى :

"الإعتمادية هى إحتمال أداء المكون أو النظام لوظائفه على نحو كاف, لدورة زمنية مقصودة وتحت ظروف تشغيل مقصودة " .

يمكن قياس الإعتمادية من مفهوم رياضى للإحتمالية وذلك بأداء ناجح لإحتمالية محددة وبدرجة إعتمادية .عموما, يطلق على المعده أو النظام أنه "يعمل بشكل مرضى" إذا لم ينهار خلال فترة الخدمة . بمعنى آخر, يتوقع للمدى العام للأجهزة الخاضعة للعطل , أن يتم الإصلاح ثم الإستعادة للخدمة خلال دورة الحياة المفيدة. فى هذه الحالة تعتبر إتاحية (availability) الجهاز هو مقياس الإعتمادية الأكثر مناسبة للقياس و تشير إلى أن :

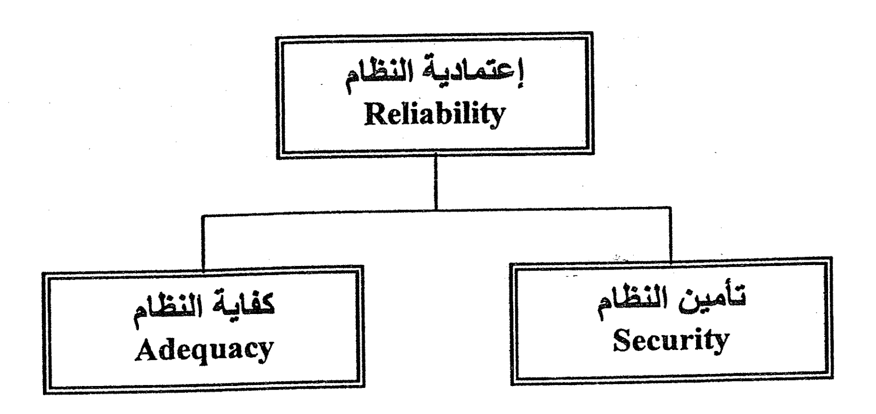
"تتناسب إتاحية الجهاز القابل للتصليح مع الزمن خلال زمن الخدمة المحدد و التى تجعل المعدة فى الخدمة أو جاهزة للخدمة "

تكون المؤشرات المستخدمة لتقييم الإتاحية هى الإحتمالية (probabilistic) والتبعية (consequently) والتى لا يمكن أن تعطى توقعات دقيقة . ولكنها تقدم متوسطات لأحداث سابقة وفرص مستقبلية وذلك من خلال قيم التكرارات الشائعة ومتوسطات الأزمنة ويجب إستكمال هذا التصور مع الأعتبارات الإقتصادية والسياسية لإتخاذ

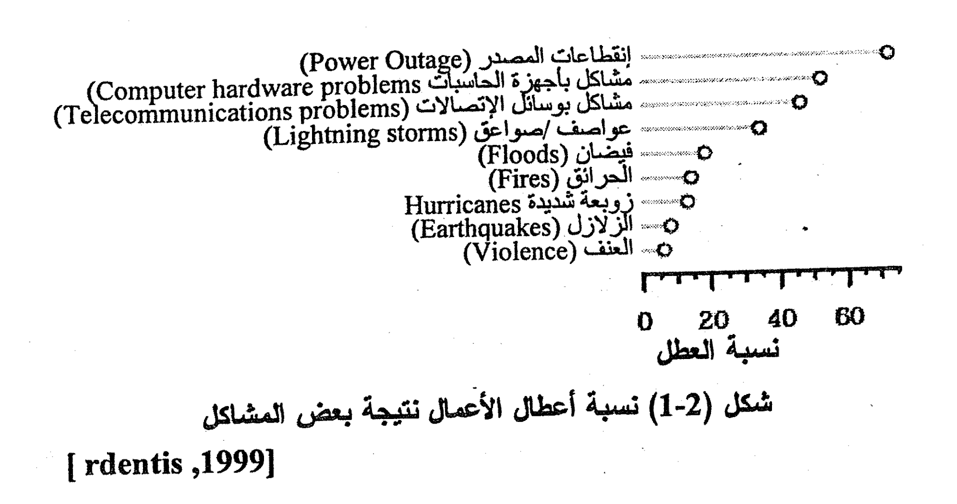
قرارات التشغيل والتصميم والتخطيط . تكون وظيفة أنظمة القوى الكهربائية هى تجهيز القدرة الكهربائية إلى المشتركين بكفاءة وبتأكيد مناسب وبإستمرارية وجودة .
توصف أنظمة القوى الكهربائية الحديثة بأنها معقدة وكبيرة جدا ومتكاملة و مترابطة و متداخلة , لحسن ألحظ إن الأنظمة تكون مقسمة إلى أنظمة فرعيـة مناسـبة أو إلـى مساحات وظائفية والتى يمكن تحليلها منفصلة : هذه المساحات الوظيفية هى التوليـد والنقل والتوزيع . تتم دراسات الإعتمادية للمساحات الثلاثـة فـى صـورة منفصـلة ومتوالفة .

إعتمادية أنظمة القوى

تكون وظيفة أنظمة القوى الكهربائية هى تحقيق إحتياجات أحمال النظـام مـع تأكيـد ضمان إستمرارية وجودة التغذية الكهربائية . عادة تحدد مقدرة النظام لتزويد المصدر بالطاقة الكهربائية الكافية عن طريق مصطلح " الإعتمادية" .يكون مفهـوم إعتماديـة مصدر التغذيـة عام و واسع النطاق ويغطى جميـع وجهـات نظـر مقـدرة النظـام لتحقيـق متطلبات المشـتركيـن. يوجد مفهوم لتعريف " إعتمادية النظام" والموضـح فى شكل(1-1)
يمثل شكل (1-1) التقسيم الأساسى لإعتمادية النظام . يشـير عنصـر كفايـة النظـام (system adequacy) إلى وجود الأنشطة أو الوسائل الكافية بالنظام لتحقيق طلـب أحمال المشترك . يحتوى ذلك على الوسائل الضرورية لتوليد الطاقة الكافية بالإضـافة إلى الوسائل المرتبطة بالتوزيع والنقل المطلوبة لتحويل الطاقة إلى مواضـع الأحمـال الفعلية للمشتركين. بينما يشير عنصر تأمين النظـام (system security) لمقـدرة النظام للأستجابة للأضطرابات الناشئة فى نفس النظام, أى أن عنصر التـأمين يـرتبط بإستجابة النظام إلى المشاكل والتشويشات. لتقييم إعتمادية أنظمـة القـوى تسـتخدم تكنولوجيات الإحتمالية.
تتغير إعتمادية مصدر التغذية من مشترك إلى مشترك و من مرفق إلى مرفق – غالبـا يتوقع أغلب المشتركين الحصول على مصدر تغذية بجودة عالية .



شكل (1-1) تقسيم إعتمادية النظام



شكل (2-1) نسبة أعطال الأعمال نتيجة بعض المشاكل

[rdentis ,1999]

تؤدى إنقطاعات التغذية الكهربائية إلى تعطيل وأعطال بأغلب الأعمال ......يوضح شكل(2-1) مثال للنسبة بين تعطل الأعمال عند حدوث مشاكل مختلفة بجودة التغذية الكهربائية. تعتبر إحصائيات الإعتمادية , المعتمدة أساسا على الإنقطاعات طويلة المدى ,هى المؤشرات الأولية المستخدمة عن طريق شركات ومرافق الكهرباء لتحديد جودة الخدمة. تسبب أعطال شبكات التوزيع أغلب الإنقطاعات طويلة المدى ويتم عزل الجزء العاطل من الشبكة عن طريق أجهزة ومعدات الوقاية مثل المصهرات وقواطع التيار و أجهزة إعادة التوصيل و .....

أغلب مرافق وشركات الكهرباء تستخدم مؤشرات الإعتمادية لتقييم أداء المرفق ككل أو جزء من الشبكة أو خط أو ......

بعض المشتركين الصناعيين والتجاريين تطلب من شركات الكهرباء حدود مؤشرات الإعتمادية قبل التعاقد على توريد الطاقة الكهربائية لمنشأتهم مما يشير إلى مدى الأهتمام بهذه المؤشرات.

تقنيات تقييم الإعتمادية

تستخدم تحليلات الإعتمادية بتوسع فى التطبيقات الهندسية ويتم ذلك بإستخدام تقنية تحليل نوعى (qualitative) أو كمى (quantitative). تطبق التقنية النوعية لتقييم الإعتمادية التى تعتمد فقط على الخبرة والتقدير الهندسى . وتستخدم الطرق الكمية لعمليات التحليل لدعم التقدير الهندسى . تصنف التقنية الكمية الأداء التاريخى للنظام الحالى والإستفادة بالأداء التاريخى فى توقع تأثير حالات التغير فى أداء النظام . يمكن إستخدام التقنية الكمية مع الطرق النظرية لتوقع أداء التشكيل المحدود.

مؤشرات الإعتمادية:

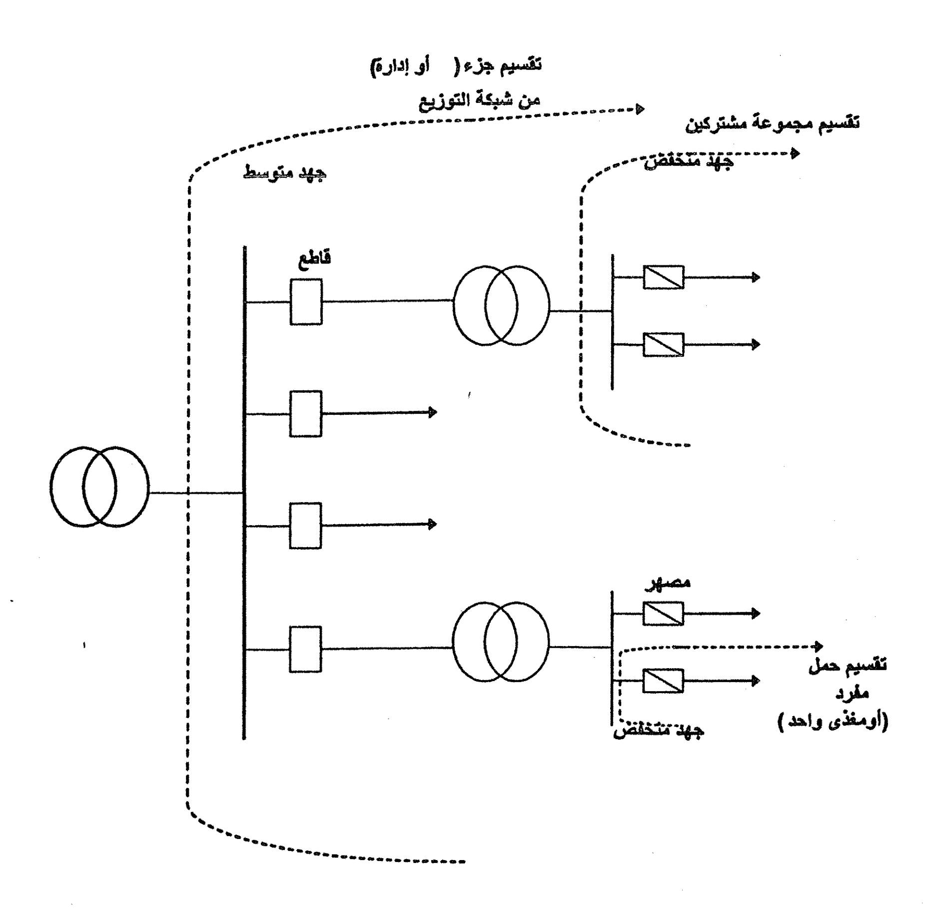
تعتبر مؤشرات الإعتمادية أحد أدوات أو وسائل شركات (أو مرافق أو هيئات) الكهرباء المستخدمة لإختيار أولويات تكاليف الصيانة ورأس المال وتقييم الأداء. تشير

نتائج مؤشرات الإعتمادية لكفاءة الخدمة المقدمة للمشتركين من حيث عدد مرات إنقطاعات التغذية الكهربائية وفترات إستخدام الإنقطاع .

يتم حساب مؤشرات الإعتمادية طبقا للآتى:

- عند كل مستوى جهد مثلا:الجهد العالى & الجهد المتوسط & الجهد المنخفض
- أو بتقسيم الشبكة إلى أجزاء مثلا : مغذى أو محول أو ....

كما فى شكل (3-1)



شكل (3-1) أمثلة لتقسيم شبكة التوزيع
لحساب مؤشرات الإعتمادية لكل تقسيم

من المؤشرات الأساسية:

SAIFI =System average interruption frequency index

= مؤشر متوسط تكرار الإنقطاع للنظام

CAIDI=Customer average interruption duration index

= مؤشر متوسط فترة الإنقطاع للمشترك

SAIDI=System average interruption duration index

= مؤشر متوسط فترة الإنقطاع للنظام

تحسب مؤشرات الإعتمادية خلال فترة زمنية و التى عادة ما تكون سنة .

من أمثلة مؤشرات الإعتمادية:

1 . لمرافق الكهرباء بالولايات المتحدة الأمريكية كانت نتيجة حصر تم عام 1995 بمعرفة IEEE لمؤشرات الإعتمادية كالآتى:

SAIFI=1.26 int./y
SAIDI=117 min./y
CAIDI=88 min.

2 . لشركة الكهرباء و الغاز الباسيفيكية (Pacific Gas & Electric Company) كان تطور مؤشرات الإعتمادية للفترة 1994-2003 (لم يؤخذ فى الأعتبار الحوادث الكبيرة major events) كالآتى:

السنة	مؤشرات الإعتمادية للشبكة ككل (توليد &نقل & توزيع)		مؤشرات الإعتمادية لشبكة التوزيع	
	SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI
1944	1.540	155.4	1.400	139.2
1995	1.537	170.2	1.384	150.3
1996	1.709	178.1	1.632	167.1
1997	1.639	161.8	1.507	148.4
1998	1.659	180.0	1.493	157.3
1999	1.477	156.7	1.321	144.8
2000	1.410	167.9	1.290	151.8
2001	1.439	211.8	1.316	192.5
2002	1.114	139.7	1.030	129.7
2003	1.308	193.0	1.190	173.8

SAIDI in min.

3. لشركة أديسون الموحدة بمدينة نيويــورك (Consolidated Edison) صــنفت مؤشرات الإعتمادية لعام 1991 طبقا لتشكيلة شبكة التوزيع كالآتى:

الوصف	SAIFI int./y	CAIDI min/int.
شبكة إشعاعية بسيطة (simple radial)	0.3:1.3	90
شبكة إبتدائية حلقية تعمل أتوماتيكيا (Primary auto-loop)	0.4:0.7	65
منطقة سكنية تحتوى على كابلات أرضية (underground residential)	0.4:0.7	60
أختيار التغذية عن طريق مصادر إبتدائية (primary selection)	0.1:0.5	180
أختيار التغذية عن طريق مصادر ثانوية (secondary selection)	0.1:0.5	180

4. يوضح الجدول التالى مؤشرات الإعتمادية لمشتركى الجهد المنخفض ببعض البلدان الأوربية

الدولة	مؤشرات إعتمادية النظام		
	SAIFI (int/y.cust)	CAIDI (min/int)	SAIDI (min./y.cust)
بلجيكا	0.95	48	46
هولندا	0.31	70	21
فرنسا	1.22	--	56
المملكة المتحدة	0.88	99	88
السويد	0.56	78	44
بولندا	3.0	80	70
كندا	2.0	240	480
ألمانيا	0.14	--	58
فنلندا	2.19	49	107

الباب الثانى

تعريفات

Definitions

سنتعرض فى هذا الباب للتعريفات الخاصة بالإنقطاعات طبقا للمواصفات القياسية الآتية :
IEEE 493 & IEEE 1366 & IEEE 100 كذلك ببعض مواقع الإنترنت :

1- Component:

A piece of equipment, a line or circuit, or a section of a line or circuit, or a group of items which is viewed as an entity for purposes of reliability evaluation.

المكون :

هو معدة أو خط أو دائرة، أو جزء من الخط أو الدائرة، أو مجموعة من هذه البنود وذلك بغرض تقييم الإعتمادية.

2- System:

A group of components connected or associated in a fixed configuration to perform a specified function of distributing power

النظام :

هو مجموعة من المكونات الموصلة أو المرتبطة فى تشكيل ثابت بغرض أداء وظيفة محددة للقدرة الموزعة.

3- Minimal cut-set:

A set of components which, if removed from the system, results in loss of continuity to the load point being investigated and which does not contain as a subset any set of components which is itself a cut-set of the system.

أدنى مجموعة فصل :

هى مجموعة من المكونات والتى إذا ما أُبعدت من النظام، تسـبب ضـياع الإسـتمرارية لموضع الحمل تحت الدراسة وهى لا تحتوى على مجموعـة فرعيـة مـن أى مجموعـة مكونات وهى نفسها مجموعة فصل فى النظام.

4- Failure:

The termination of the ability of an item to perform a required function.

إنهيار / عطل :

هو إنهاء مقدرة المكون لأداء الوظيفة المطلوبة.

5- Exposure time:

The time during which a component is performing its intended function and is subject to failure.

زمن التعرض :

هو الزمن الذى يمر أثناء تأدية المكون لعمله المطلوب وأوشك على الإنهيار.

6- Failure rate (forced outage rate):

The mean number of failures of a component per unit exposure time. Usually exposure time is expressed in years and failure rate is given in failures per year.

معدل الإنهيار / معدل العطل (معدل التوقف الإضطرارى):

متوسط عدد أعطال المكون خلال زمن التعرض. عادة يعبر عن زمن التعرض بالسـنوات، ويكون معدل العطل هو عدد الأعطال فى السنة.

7- Repair time:

The repair time of a failed component or the duration of a failure is the clock time from the occurrence of the failure to the time when the component is restored to service, either by repair of the failed component or by substitution of a spare component for the failed component. It is not the time required to restore service to a load by putting alternate circuits into operation. It includes time for diagnosing the trouble, locating the failed component, waiting for parts, repairing or replacing, testing and restoring the component to service.

زمن الإصلاح :

زمن إصلاح المكون العاطل أو فترة العطل هى الزمن منذ حدوث العطل و حتى إسترجاع المكون إلى الخدمة سواء بإصلاح المكون العاطل أو بإستبدال المكون العاطل بآخر إحتياطى. وهو ليس الزمن المطلوب لإستعادة الخدمة إلى الحمل عن طريق دوائر بديلة للتشغيل. وهذا الزمن يشمل زمن تشخيص العطل، وموضع المكون العاطل، وإنتظار إحضار الأجزاء الإحتياطية، والإصلاح أو الإستبدال، وإختبار وإسترجاع المكون للخدمة.

8- Expected interruption duration:

The expected, or average, duration of a single load interruption event.

فترة الإنقطاع المتوقعة :

هى الفترة المتوقعة، أو المتوسطة، لحدث إنقطاع حمل احادى.

9- Interruption:

The loss of electric power supply to one or more loads.

الإنقطاع :

هو ضياع مصدر التغذية الكهربائية عن حمل أو اكثر.

10- Interruption:

The loss of service to one or more customers. Note: It is the result of one or more component outages, depending on system configuration.

الإنقطاع :

هو ضياع الخدمة عن مشترك أو أكثر. ملاحظة : ينتج ذلك من توقـف مكـون أو أكثـر، إعتمادا على تشكيل النظام.

11- Interruption frequency:

The expected (average) number of power interruptions to a load per unit time, usually expressed as interruptions per year.

تكرار الإنقطاع :

هو العدد المتوقع (المتوسط) لإنقطاع التغذية عن الحمل لكل وحدة زمن، وعادة يعبر عنـه بالإنقطاعات فى السنه.

12- Outage:

The state of a component or system when it is not available to properly perform its intended function.

التوقف :

هو حالة المكون أو النظام عندما لا يتاح تأدية عمله المناسب.

13-Outages

Non availability of electric power to the customer

التوقفات

هى عدم إتاحية القدرة الكهربائية للمشترك

14- Outage:

The state of a component when it is not available to perform its intended function due to some event directly associated with that component. Notes: 1- An outage may or may not cause an interruption of service to customers, depending on system configuration. 2- This definition derives from transmission and distribution applications and does not apply to generation outages.

التوقف :

هو حالة المكون عندما لا يتاح تأدية عمله المناسب نتيجة حدث مباشر مرتبط بالمكون نفسه . ملاحظات : ١- يمكن أن يؤدى أو لا يؤدى إلى إنقطاع الخدمة عن المشتركين وذلك إعتمادا على تشكيلة النظام. ٢- يستخدم هذا التعريف لتطبيقات النقل والتوزيع ولا يستخدم لتوقفات التوليد.

15-Outage Costs:

Economic costs resulting from interruptions of power supply. They include, besides direct costs, the indirect costs of actions taken to avoid anticipated outages.

تكاليف التوقف

هى التكاليف الإقتصادية الناتجة عن إنقطاع مصدر التغذية.
وتشمل ، بالإضافة إلى التكاليف المباشرة ، التكاليف غير المباشرة لما تم عمله لتجنب التوقفات المتوقعة.

16- Scheduled outage:

An outage that results when a component is deliberately taken out of service at a selected time, usually for purposes of construction, maintenance, or repair.

التوقف المبرمج :

هو التوقف الناتج عن فصل المكون من الخدمة عن قصد عند زمن مختار ، ويكـــون ذلـــك عادة بغرض الإنشاءات أو الصيانة أو الإصلاح.

17-Forced Outage

Removal of a unit from service due to component failure, improper operation or human error. Forced outages require immediate removal of the unit.

التوقف الإضطرارى

هو خروج وحدة من الخدمة نتيجة إنهيار مكون أو تشغيل غير سليم أو خطأ شخصى. تحتاج التوقفات الإضطرارية إلى خروج الوحدة فورا.

18- Scheduled outage duration:

The period from the initiation of a scheduled outage until construction, preventive maintenance, or repair work is completed and the affected component is made available to perform its intended function.

فترة التوقف المبرمج :

هى دورة تبدأ منذ التوقف المبرمج وحتى إنتهاء عمل الإصلاح أو الصيانة أو الإنشـــاءات ويكون متاح للمكون المتأثر تأدية عمله.

19- Switching time:

The period from the time a switching operation is required due to a component failure until that switching operation is completed. Switching operations include such operations as: throwover to an alternate circuit, opening or closing a sectionalizing switch or circuit breaker, reclosing a circuit breaker following a trip out due to a temporary fault.

زمن التحويل :

الدورة من بداية الزمن المطلوب لتحويل التشغيل نتيجة عطل المكون وحتى نهاية تحويل التشغيل. يشمل التحويل على تشغيل كل من : دائرة التحويل، فتح أو غلق قاطع التيار أو المفتاح المقطعى، إعادة توصيل قاطع التيار بعد الفصل نتيجة العطل المؤقت.

20- Loss of service:

The loss of electrical power, a complete loss of voltage, to one or more customers or meters. This does not include any of the power quality issues (sags, swells, impulses, or harmonics).

ضياع الخدمة :

هى ضياع القدرة الكهربائية، ضياع كامل للجهد، عن مستهلك أو أكثر أو عن العدادات. هذا التعريف لا يحتوى على أية بنود لجودة التغذية (مثل الإنحدارات والإنتفاخات والنبضات والتوافقيات).

21- Duration interruption:

The period (measured in seconds, or minutes, or hours, or days) from the initiation of an interruption to a customer or other facility until service has been restored to that customer or facility. An interruption may require step-restoration tracking to provide reliable index calculation. It may be desirable to record the duration of each interruption.

فترة الإنقطاع :

هى الدورة (المقاسة بالثوانى أو الدقائق أو الساعات أو الأيام) بداية من الإنقطاع عن المشترك أو عن نشاط آخر وحتى إستعادة الخدمة لنفس المشترك أو النشاط . يمكن أن يحتاج الإنقطاع لرصد مراحل الإستفادة بغرض حساب مؤشر الإعتمادية. ويكون مطلوب تسجيل فترة كل الإنقطاع.

22- Forced interruption:

An interruption caused by a forced outage

الإنقطاع الإضطرارى:

هو الإنقطاع الحادث نتيجة توقف إضطرارى

23- Interruption device:

A device capable of being reclosed whose purpose is to interrupt faults and restore service or disconnect loads. These devices can be manual, automatic or motor-operated. Example may include transmission breakers, feeder breakers, line reclosures and motor - operated switches.

معدة الإنقطاع :

معدة لها المقدرة على إعادة التوصيل والتى الغرض منها إيقاف الأعطال وإسترجاع الخدمة أو الأحمال المفصولة .

يمكن أن تكون هذه المعدات إما يدوية أو ألية أو تعمل من خلال محرك . من أمثلة ذلك قواطع النقل ، وقواطع المغذيات ومفاتيح إعادة تشغيل الخط ، ومفاتيح تعمل بالمحركات .

24- Interruption device event:

The operation associated with the interruption device for cases where a reclosing device operates but does not lockout and where a switch is opened only temporarily

حدث معدة الانقطاع:

هو التشغيل المرتبط بمعدة الإنقطاع للحالات عندما تعمل معدة إعادة التشغيل ولكن لا تحدث إعاقة وعندما يفتح المفتاح مؤقتا فقط .

25- Major event:

A catastrophic event that exceeds design limits of the electric power system and that is characterized by the following (as defined by the utility) :

a) Extensive damage to the electric power system
b) More than a specified percentage of customers simultaneously out of service.
c) Service restoration times longer than specified.

Some examples are extreme weather, such as a one in five year event, or earthquakes.

الحدث الكبير :

هو الحدث المفجع الذى يتعدى حدود التصميم لنظم القوى الكهربائية ويكون من خصائصه الآتى (كما يعرف بواسطة المرفق) :

أ- إن الإنهيار واسع النطاق لنظم القوى الكهربائية

ب- تفصل من الخدمة،فى نفس الوقت، نسبة من المشتركين أكبر من المحدده

جـ- يكون زمن إستعادة الخدمة أكبر من المحدد

من أمثلة ذلك : حالات الجو الشديدة مثل الحدث الذى يحدث مرة كل خمسة سنوات أو الزلازل

26- Momentary interruption:

Single operation of an interruption device that results in a voltage zero. For example, two breaker or recloser operations equals two momentary interruptions.

الإنقطاع اللحظى :

هو تشغيل لمرة واحدة لمعدة الإنقطاع وينتج عن ذلك جهد يساوى صفر . مثلا : تشغيل قاطعى التيار أو مفتاحى إعادة التوصيل يساوى عدد 2 إنقطاع لحظى .

27- Momentary event interruption:

An interruption of duration limited to the period required to restore service by an interrupting device. Note: such switching operations must be completed in a specified time not to exceed 5 min. This definition includes all reclosing operations that occur within 5 min of the first interruption. For example, if a recloser or breaker operates two, three or four times, and then holds, the event shall be considered one momentary interruption event.

الإنقطاع بسبب حدث لحظى :

هو الإنقطاع لفترة محدودة لإستعادة الخدمة لدوره مطلوبة عن طريق معدة الإنقطاع.
ملحوظة : يجب إتمام تحويل كل تشغيل بزمن محدد لا يتعدى 5 دقيقة. يشمل هذا التعريف إجمالى تشغيل إعادة التوصيل والتى تحدث خلال 5 دقائق من بداية الإنقطاع. مثلا :
إذا إشتغل القاطع أو مفتاح إعادة التوصيل مرتين أو ثلاثة أو أربعة مرات ،ثم ثبتت الحالة، عندئذ يعتبر الحدث كحدث إنقطاع لحظى واحد .

28- Step restoration:

The restoration of service to blocks of customers in an area until the entire area or feeder is restored.

مرحلة الإسترجاع :

إستعادة أو إسترجاع الخدمة لبنايات المشتركين فى الموقع وحتى إستعادة المغذى أو منطقة الدخول .

29- Sustained interruption:

Any interruption not classified as a momentary event. Any interruption longer than 5 min.

إنقطاع مستمر :

أى إنقطاع غير مصنف كحدث لحظى. وهو أى إنقطاع يستمر لأكثر من 5 دقائق

30- Scheduled interruption:

A loss of electric power that results when a component is deliberately taken out of service at selected time, usually for the purposes of construction, preventative maintenance , or repair . Notes: 1- This derives from transmission and distribution applications and does not apply to generation interruptions.

2- The key test to determine if an interruption should be classified as a forced or scheduled interruption is as follows. If it is possible to defer the interruption when such deferment is desirable, the interruption is a scheduled interruption: otherwise, the interruption is a forced interruption. Deferring may be desirable, for example, to prevent overload of facilities or interruption of service to customers

الإنقطاع المبرمج:

هو ضياع القدرة الكهربائية والناتجة عن فصل مكون من الخدمة عن قصد فى زمن مختار ويكون ذلك عادة بغرض إجراء إنشاءات أو صيانة وقائية أو إصلاح. ملاحظات :

1- يستخدم هذا التعريف لتطبيقات النقل والتوزيع ولا يستخدم لإنقطاعات التوليد

2- يتبع الآتي لاختبار الدليل لتحديد إذا ما كان الإنقطاع يصنف كإنقطاع مبرمج أو إضطرارى. إذا كان من الممكن تأجيل الإنقطاع وكان كل تأجيل مرغوب، عندئذ يكون الانقطاع مبرمج. فيما عدا ذلك فإن الانقطاع يكون إضطرارى. يمكن أن يكون التأجيل مرغوب، مثلا، للتغلب على زيادة أحمال المنشأة أو التغلب على إنقطاع الخدمة عن المشتركين .

31-Scheduled Outage:

Removal of a unit from service to perform work on specific component that is scheduled in advance and has a predetermined duration

التوقف المبرمج

هو خروج الوحدة من الخدمة لأداء أعمال لمكونات محددة و طبقا لبرنامج مسبق و فتـرة محددة.

32- Total number of customers served:

The total number of customers served on the last day of the report period. If a different customer total is used, it must be clearly defined within the report

العدد الكلى للمشتركين بالخدمة :

هو العدد الكلى للمشتركين بالخدمة فى آخر يوم قبل دورة التقرير. إذا أستخدم العدد الكلى للمشتركين المختلفين ،فيجب التحديد بوضوح فى التقرير

33- Mean time between failure (MTBF):

A mean of evaluating equipment failures related to operating time

متوسط الزمن بين حالات العطل:

هو وسيلة لتقييم أخطاء المعدات المتصلة بزمن التشغيل

34- Mean time between failure (MTBF):

The mean exposure time between consecutive failures of a component. It can be estimated by dividing the exposure time by the number of failures in that period, provided that a sufficient number of failures have occurred in that period.

متوسط الزمن بين حالات العطل :

هو متوسط زمن التعرض بين الأعطال المتعاقبة للمكون. ويمكن تقـديره بقسـمة زمـن التعرض على عدد الأعطال الحادثة فى نفس الدورة، بشرط حدوث عدد الأعطال الكافى فى نفس الدورة

35-Mean time between failures (MTBF)

MTBF is a measure of how reliable a product is. MTBF is usually given in units of hours, the higher the MTBF, the more reliable the product is.

متوسط الزمن بين الأعطال

هو مقياس لكيفية إعتمادية المنتج ، و هو عادة يعطى بوحدة السـاعات ،تشـير القيمـة الأعلى لهذا المؤشر إلى الإعتمادية الأعلى للمنتج.

36- Mean - time to failure (MTTF):

The average time an equipment or part of the system works without failing

متوسط الزمن حتى حدوث العطل:

هو متوسط الزمن الذى تعمل به المعدة أو جزء من النظام بدون عطل.

37-Meam Time-to Failure (MTTF)

Average interval of time that a component will operate before failing.

متوسط الزمن حتى حدوث العطل:

هو متوسط الفترة الزمنية التى يعمل المكون خلالها قبل أن يعطل

38-Mean Time to Repair (MTTR):

Average amount of time needed to repair a component, recover a system, or otherwise restore service after a failure.

متوسط زمن الإصلاح:

هو متوسط الزمن اللازم لإصلاح المكون ، أو لإستعادة النظام ، أو بمعنى آخر إسترجاع الخدمة بعد الفصل.

39- Mean time to repair (MTTR):

The mean time to repair a failed component. It can be estimated by dividing the summation of repair times by the number of repairs, as it is, therefore practically the average repair time.

متوسط زمن الإصلاح:

هو متوسط زمن إصلاح المكون العاطل. والذى يقدر بحاصل قسمة مجموع أزمنة الإصلاح على عدد عمليات الإصلاح والذى عمليا يكون الزمن المتوسط للإصلاح

---

40 - Mean time to repair (MTTR):

The time interval (hours) that may be expected to return failed equipment to proper operation

متوسط زمن الإصلاح:

هو الفترة الزمنية (بالساعات) المتوقعة لإعادة المعده العاطلة إلى التشغيل المناسب.

41- Availability:

This term may apply either to the performance of individual components or to that of a system. Availability is defined to be the long-term average fraction of time that a component or system is in service satisfactorily performing its intended function. An alternative and equivalent definition for availability is the steady-state probability that a component or system is in service.

الإتاحية :

يستخدم هذا التعبير إما للدلالة عن أداء مكونات منفصلة أو لأداء النظام. تعرف الإتاحيــة بإنها متوسط جزء من الزمن طويل الأجل والتى يتحقق أداءها لمكون أو نظام بالخدمة. من التعريفات المرادفة والبديلة للإتاحية إنها إعتمادية حالة الإستقرار لمكون أو نظام بالخدمة.

42-Availability

This term is the probability that a system is available when needed. Typical, it is measured by $\text{Availability} = \dfrac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + \text{MTTR}}$

الإتاحية

هى إحتمال إتاحة النظام عند الإحتياج ، و تقاس تبعا للمعادلة:

$$\text{الإتاحية} = \frac{\text{متوسط الزمن حتى حدوث العطل}}{\text{متوسط الزمن حتى حدوث العطل} + \text{متوسط زمن الإصلاح}}$$

43-Availability:

The ability of an item to be in a state to perform a required function under given conditions at a given instant of time or over a time interval, assuming that resources are provided.

الإتاحية:

هى مقدرة العنصر لأن يكون فى حالة أداء الوظيفة المطلوبة عند ظروف معطـــاة و عنـــد لحظة زمنية معطاة أو عند فترة زمنية. بفرض أن المصادر مجهزة.

44-Availability:

The Probability that a system is operational when required.

الإتاحية:

هى إحتمال أن يعمل النظام عند الحاجة

45- Unavailability:

The long - term average fraction of time that a component or system is out of service due to failures or scheduled outages. An alternative definition is the steady-state probability that a component or system is out of service.
Mathematically, unavailability = (1-availability)

عدم الإتاحية:

هى متوسط جزء من الزمن طويل الأجل عنده المكون أو النظام يكون خارج الخدمة نتيجة أعطال أو توقف مبرمج. ويكون التعريف البديل إنه إعتمادية حالة الأستقرار لمكون أو نظام خارج الخدمة.

رياضيا ،فإن : { عدم الإتاحية = (1 -الإتاحية)}

46-Maintainability:

The ability of an item under given conditions of use , to be restored to a state in which it can perform its intended function, when maintenance is performed under given conditions and using stated procedures and resources.

سهولة الصيانة

هى مقدرة العنصر للإستخدام تحت ظروف معطاة،لإستعادة حالة تأدية وظيفته ، وذلك بإجراء الصيانة تحت ظروف معطاة و إستخدام مصادر و إجراءات محددة.

47-Maintainability

The probability that the item is successfully restored after failure

سهولة الصيانة

هى إحتمال إستعادة العنصر بنجاح بعد العطل

48-Reliability:

Reliability is the probability of a device or system performing its function adequately for the period of time intended, under the operating conditions intended.

الإعتمادية:

هى إحتمال أداء النظام أو الجهاز لوظائفه بصورة ملائمة للدورة الزمنية المرتقبة ، و فى ظروف التشغيل المطلوبة.

49-Reliability:

The reliability of an electric supply system can be defined as the degree of assurance in providing the customers with continuous service of satisfactory quality (voltage and frequency within prescribed bounds)

الإعتمادية:

تعرف إعتمادية نظام المصدر الكهربى بإنه درجة الأمان لمد المشتركين بجودة خدمة مستمرة مرضية (جهد و تردد فى النطاق المفروض)

50-Reliability:

The probability that an item can perform a required function under given conditions for a given time interval.

Note: It is assumed that the item is in a state to perform this required function at the beginning of the time interval.

الإعتمادية :

هى إحتمال أن يعمل مكون بالوظيفة المطلوبة عند ظروف معطاة لفترة زمنية معطاة.

ملحوظة: بفرض أن المكون فى حالة أداء الوظيفة المطلوبة عند بداية الفترة الزمنية.

51-Reliability

The ability of an item to perform a required function under stated conditions for a stated time period.

الإعتمادية:

هى مقدرة المكون لأداء الوظيفة المطلوبة عند ظروف محددة و لفترة زمنية محددة.

52-Reliability

Extent to which electric supply is available to customers within accepted standards of voltage and frequency.

Reliability is measured by the continuity of the service and voltage and frequency stability about nominal values.

الإعتمادية:

هى إتاحية إمداد مصدر الكهرباء للمشتركين بقيم قياسية مقبولة للجهد و التردد . تقاس الإعتمادية بإستمرارية الخدمة و إستقرار الجهد و التردد حول القيم الإسمية.

الباب الثالث

المتغيرات المؤثرة فى مؤشرات الإعتمادية

Variable Affecting Reliability Indices

من أهم المتغيرات المؤثرة فى مؤشرات الإعتمادية[2] هى :

- ما تتعرض له الشبكة و كثافة الأحمال
- تشكيل شبكة مصدر التغذية
- جهد التغذية الكهربائية

و فيما يلى توضيح كل متغير:

(1) ما تتعرض له الشبكة و كثافة الأحمال

(Circuit Exposure and Load Density)

تتعرض الدوائر الكهربائية الطويلة إلى إنقطاعات أكثر . و نجد أنه يصعب التغلب على كثرة الإنقطاعات للدوائر الإشعاعية (radial circuits) العادية ، حتى و لو كانت الخطوط مزودة بوسائل وقاية مثل أجهزة إعادة التوصيل [1] (recloser) ، أو مصهرات (fuses) ، أو مواضع تشغيل إضافية (extra switching points) ، أو نظام أوتوماتيكى (automation) و نلاحظ أن أغلب التغيرات تحدث فى مؤشر SAIFI بينما مؤشر CAIDI يكون أقل أعتمادا على أطوال الدوائر ، يوضح شكل (3-1) تأثير طول الخط على مؤشر SAIFI بشبكات أحد مرافق الكهرباء (جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية).

---

(1)جهاز إعادة التوصيل : يعيد إغلاق الدائرة تلقائيا بعد الإنقطاع

يسهل تحسين مؤشر الإعتمادية بشبكات المدن ، و ذلك لأن أطوال الدوائر أو الخطوط تكون أقصر ، مع ملاحظة أن نظم التوزيع ذات الإعتمادية الأعلى (مثل شبكات مصادر التغذية) تكون أكثر أقتصاديا.
يوضح شكل (3-2) تأثير كثافة المشتركين فى بعض مدن الولايات الأمريكية على مؤشر SAIFI و يلاحظ تحسين هذا المؤشر كلما إرتفعت كثافة الحمل (كثافة المشتركين) بكل مرفق.

(2) تشكيلة شبكة المصدر (supply configuration)

تؤثر شبكة التوزيع تأثيرا كبيرا على الإعتمادية ، فمثلا نحصل على خدمة غير جيدة عند التغذية من خطوط إشعاعية طويلة ، بينما تكون خدمة الإعتمادية جيدة فى نظم الشبيكة (grid network). يوضح جدول (3-1) مقارنة لبعض مؤشرات الإعتمادية طبقا للأنواع الشائعة لشبكات التوزيع . و يلاحظ من هذا الجدول أن

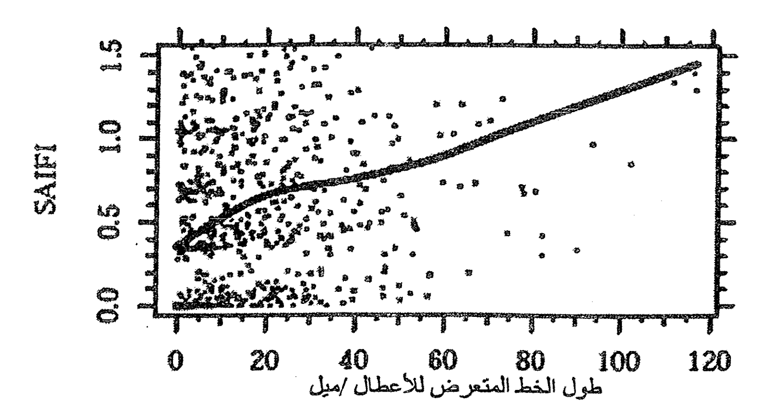
- يزيد مؤشر CAIDI بالمدن الأكثر تشكيلا لشبكاتها . و أيضا المحتوية على كابلات أرضية و كثيفة الأحمال.

(3) الجهد (Voltage)

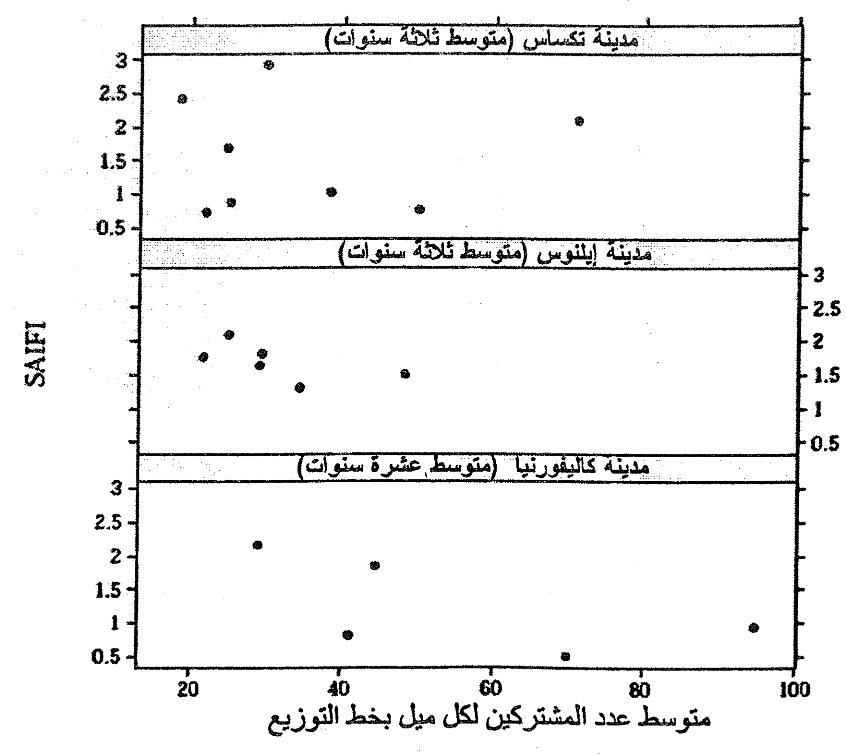
كلما زادت الجهود الإبتدائية كلما كانت الإعتمادية سيئة خاصة أن خطوط الجهود العالية تكون طويلة . يوضح شكل (3-3) مثال بشبكات مرافق الكهرباء و التى تشير إلى أن خطوط الجهود الأعلى تتعرض لإنقطاعات أكثر.

جدول (1-3) مقارنة بين مؤشرات الإعتمادية تبعا لتشكيلة شبكات التوزيع

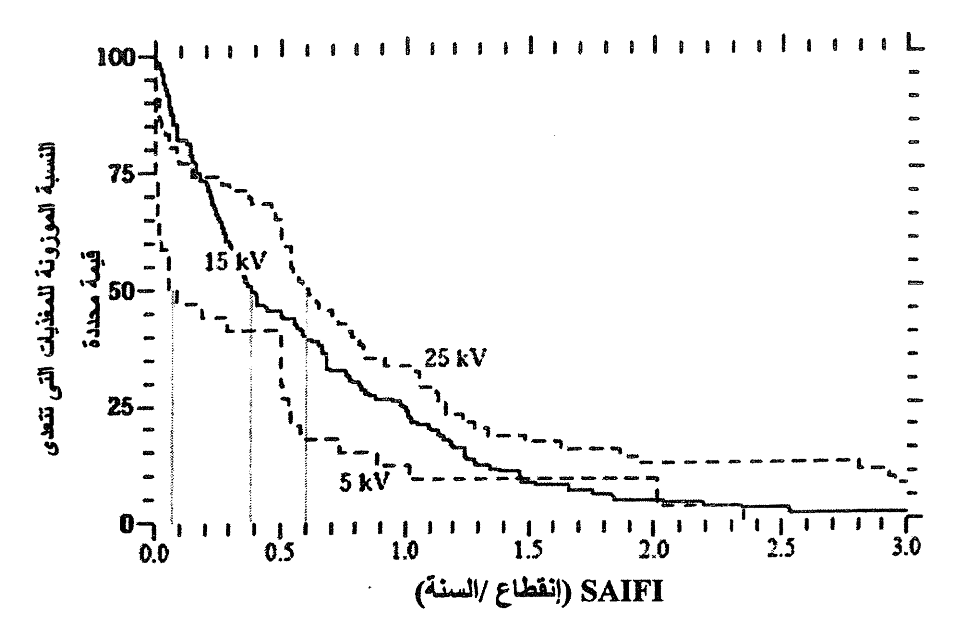
تشكيلة الشبكة	SAIFI (int./y) (إنقطاع /السنة)	CAIDI (min./int.) (دقيقة / إنقطاع)	MAIFI (mom. Int. /y) (إنقطاع لحظى / السنة)
إشعاعى بسيط (simple radial)	0.3:1.3	90	5:10
شبكة حلقية إبتدائية أوتوماتية (primary auto-loop)	0.4:0.7	65	10:15
كابلات أرضية بمنطقة سكنية (Underground residential)	0.4:0.7	60	4:8
مصادر إنتقائية إبتدائية (Primary selective)	0.1:0.5	180	4:8
مصادر إنتقائية ثانوية (Secondary selective)	0.1:0.5	180	2:4
شبيكة معزولة (Spot network)	0.02 :0.1	180	0:1
شبيكة (Grid network)	0.005:0.02	135	0



شكل (1-3) تأثير طول الخط على مؤشر SAIFI لأحد خطوط شركة توزيع الكهرباء



شكل (2-3) تأثير كثافة المشتركين على المؤشر SAIFI



شكل (3-3) تأثير جهد الدائرة على المؤشر SAIFI للخط
(أخذاً فى الأعتبار فقط الإنقطاعات غير المبرمجة)

الباب الرابع

نظم التوزيع

Distribution System

تعتمد حسابات مؤشرات الإعتمادية على ترتيب و تشكيل و مكونات نظم التوزيـــع ، و لذا سنتعرض فى هذا الباب لنظم التوزيع

تنقسم نظم التوزيع إلى ثلاثة أنظمة فرعية متميزه هى:

- محطات التوزيع الفرعية Distribution substation
- نظم التوزيع الإبتدائى Primary distribution system
- نظم التوزيع الثانوى Secondary distribution system

فيما يلى توضيح كل نوع :

أولا : محطات التوزيع الفرعية

تستقبل محطات التوزيع الفرعية القدرة الكهربائية من خطوط نقل أو خطوط نقـل فرعية عند مستوى الجهد المقابل لهذه الخطوط. أيضا تجهز هذه المحطات القدرة الكهربائية إلى مغذى توزيع أو أكثر والذى يبدأ من المحطــة الفرعيــة ويشــكل الشبكة الإبتدائية. تنبثق أغلب المغذيات إشعاعيا من المحطــة الفرعيــة لتغذيــة الأحمال.

لمحطات التوزيع الفرعية أربعة وظائف رئيسية هى :

1- تحويل الجهد (Voltage Transformation)

عادة تستخدم محولات القدرة بالمحطات الفرعيــة، لتخفيــض الجهــد مــن مســتوى الجهد العــالى (High Voltage level) إلــى مســتوى جهــد التوزيــع الإبتــدائى (Primary distribution voltage level) . من أمثلة مستويات جهود التوزيــع الإبتدائى :

3.3 KV & 6.6 KV & 11 KV & 22 KV & 33 KV

2-التحويل والوقاية (Switching and protection)

توجد أنواع متعددة ومختلفة من مجموعة مفاتيح (Switchgear) تركب بالمحطات الفرعية. ويعتبر مصطلح "مجموعة المفاتيح" مصطلح عام يطلق على أجهزة التحكم والتشغيل والوقاية ومحولات الجهد والتيار، المستخدمة فى نظم توزيع القدرة الكهربائية، وتقسم إلى نوعين أحدهما للتركيب خارج المبانى والآخر للتركيب داخل المبانى.

من أمثلة ذلك :

أ- المفاتيح (Switches)

المفتاح هو أداه لتوصيل أو قطع التيار الكهربى (تيار الحمل الأسمى normal load current) عن دائرة أو جزء من الدائرة أو دوائر كهربائية. ويشغل غالبا يدويا أو بوسيلة ميكانيكية.

ب-قواطع التيارCBs (circuit breakers)

قاطع التيارCB هو وسيلة لقطع و وصل التيار الكهربى المار فى دائرة كهربائية تحت ظروف التشغيل العادية أو غير العادية كما فى حالة قصر الدائرة (short circuit) . يرتبط قاطع التيار بمتمم (relay) والذى يمثل عنصر الإحساس لحالة قصر الدائرة أو زيادة الحمل أو بالحالة غير العادية وذلك من خلال محولات التيار (current transformers) كما فى شكل (4-1) و /أو محولات الجهد (potential transformers) كما فى شكل (4-2)

جـ- أجهزة إعادة التوصيل (Reclosers)

هى أجهزة تشبه قواطع التيار فى وظائفها، وتزيد عليها أنها لها المقدرة على إعادة التوصيل بعد عملية القطع، ثم تفتح مرة أخرى، ويعاد التوصيل مرة أخرى وتتكرر

الدورة لعدد مرات محددة حتى يحدث لها إعاقة (lockout)، (وذلك من خلال دائرة عزل توقف تشغيل جهاز إعادة التوصيل).

د-القطاعى Sectionalizer

هو وسيلة تستخدم لتجزئة الخطوط إلى قطاعات. و هو جهاز وقاية يعمل آليا لعزل القطاع العاطل. و لا يكون له المقدرة على قطع التيار و لكنه يستخدم مع قاطع تيار أو جهاز إعادة التوصيل كوقاية خلفية.

هـ-المصهرات (Fuses)

المصهر هو أداه وقائية لحماية الدائرة الكهربائية، ينصهر المصهر فيقطع الدائرة إذا مر خلاله تيار كبير يصل إلى درجة الخطورة.

يعتبر المصهر أرخص معدات الوقاية تكلفة و المتاح كحماية ضد زيادة التيار لدوائر التوزيع. للمصهرات المقدرة على قطع التيار و لكن ليس له المقدرة على إعادة التوصيل أليا.بالإضافة إلى مصهرات الطرد (expulsion fuses) التقليدية فإن مصهرات تحديد التيار (current limiting fuses) و المصهرات الإلكترونية (electronic fuses) تكون لها قدرات إضافية.

يكون مصهر تحديد التيار هو أفضل إختيار فى حالات إحتمال حدوث حريق سطحى بالمناطق الجافة أو حدوث تيارات قصر زائدة أو إحتمال إنهيار المعدات نتيجة تيارات القصر المرتفعة.

للمصهر الإلكترونى منحنيات متعددة لخصائص العلاقة بين التيار و الزمن، و يفضل إستخدامه فى بعض التطبيقات التى تحتاج لتحديد التيار و له أعلى مقنن سعوية مستمر.

يطلق على كل من قواطع التيار وأجهزة إعادة التوصيل والمصهرات معدات الوقاية.
يمكن إستخدام المفاتيح على جانب الجهد العالى للمحولات وإستخدام معدات الوقاية على جانب الجهد المنخفض، وفى محطات المحولات الفرعية الكبيرة تستخدم معدات الوقاية على جانبى المحول. تصمم بعض محطات المحولات الفرعية بإعتمادية عالية

وذلك بإستخدام عدة قواطع تيار، كما فى شكل (4-1). وفى حالة التصميمات منخفضة التكاليف تستخدم معدات الوقاية على التوالى مع المغذيات كما فى شكل (4-2). فى هذه الأشكال، تكون المفاتيح وقواطع التيار عادة فى وضع التوصيل فيما عدا المشار إليها بالرموز N.O والتى تعنى أن وضعها العادى هو وضع الفتح (normally open).
فى شكل (4-1)، صممت الدائرة بحيث أن جميع المغذيات تظل مزودة بالتغذية الكهربائية حتى لو فصل المحول (نتيجة حدوث عطل أو لأعمال الصيانة) أو فصل خط النقل الفرعى. يسمى القاطع بشكل (4-1) "بقاطع تيار ونصف" (breaker and a half) لأن ثلاثة قواطع تيار تحمى مغذيين.

٣-تنظيم جهد (Voltage regulation)

عادة يحدث هبوط الجهد (voltage drop) نتيجة :

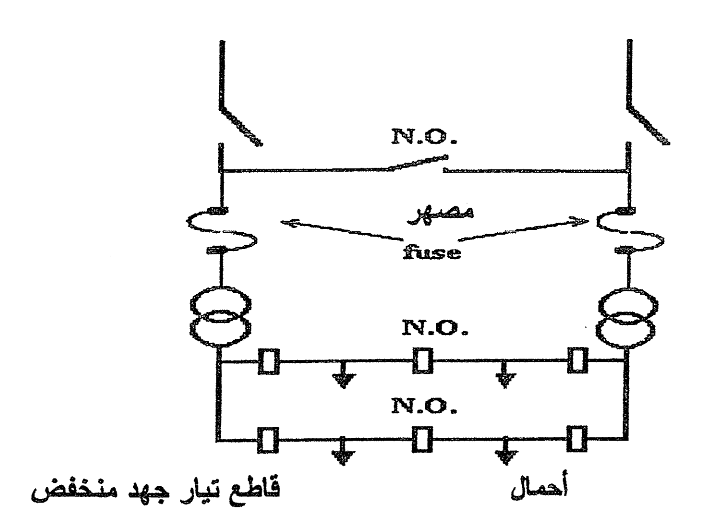
- مرور تيار I من مصدر التغذية وفى إتجاه الحمل من خلال طول المغذى.
- معاوقة (impedance) المغذى، Z ، لكل وحدة طول.

هذا الهبوط يساوى IZ بوحدة فولت لكل وحدة طول.

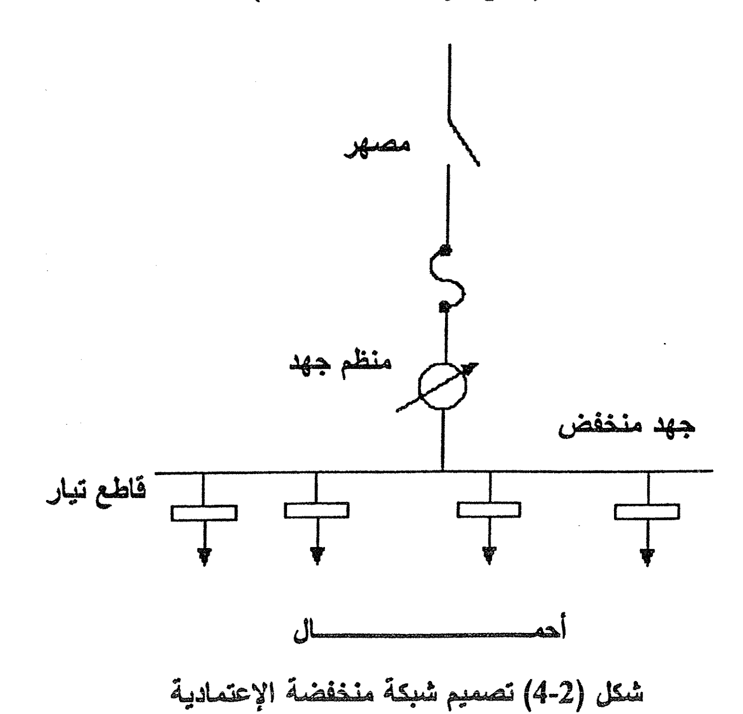
وعلى ذلك، تختلف مستويات جهود الأحمال الموصلة على طول المغذى، ويكون أبعد حمل هو الأقل مستوى للجهد. يوضح شكل (4-3) ذلك. يلاحظ أن الجهد عند مخرج المحطة الفرعية وفى حالة الأحمال المنخفضة يساوى 1.02 وحدة كسرية (pu). وعند نهاية الخط يكون الجهد 0.97 pu.

بزيادة الأحمال ، سينخفض الجهد أكثر عند نهاية المغذى . والنتيجة أنه يجب تنظيم الجهد على المغذى كنتيجة لتغير الحمل . توجد وسائل متعددة لتنظيم الجهد منها :

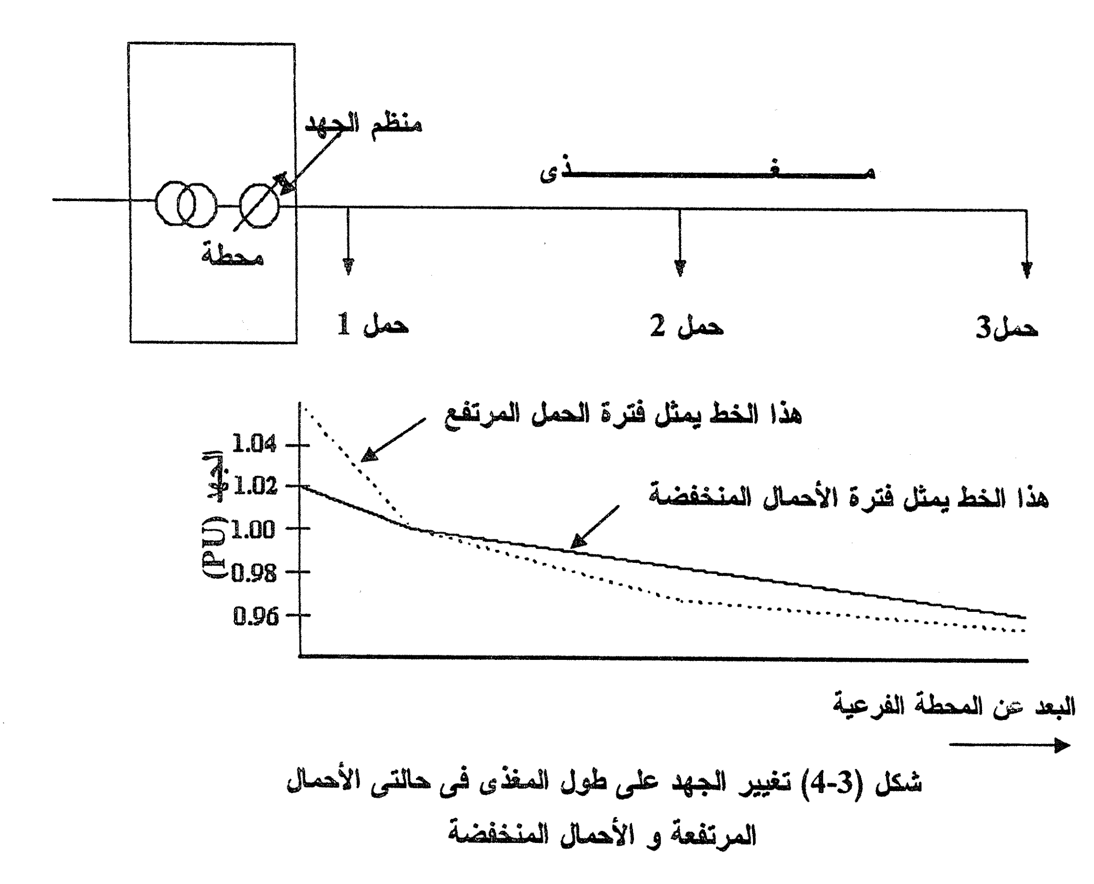
- المحولات ذات نقط التقسيم عند الحمل
  Load tap-changing transformers
- منظمات الجهد (voltage regulators) كما فى شكل (4-3) .
  و التى يمكن أن تركب على القضبان أو على مغذيات المحطات الفرعية
- مكثفات التوازى الثابتة أو ذات المراحل
  (Fixed or switched shunt capacitors)



شكل (1-4) تصميم شبكة عالية الإعتمادية
(N.O=normally open)



شكل (2-4) تصميم شبكة منخفضة الإعتمادية



شكل (3-4) تغيير الجهد على طول المغذى فى حالتى الأحمال المرتفعة و الأحمال المنخفضة

4- القياس (Metering)

تحتوى أغلب المحطات الفرعية على أنواع من أجهزة القياس والتى تسجل : الحمل الحالى وأقصى أو أدنى حمل خلال أخر دورة زمنية (مثلا ساعة واحدة) .وتمتاز المسجلات الرقمية (digital) بأنها تسجل عدد كبير من البيانات التشغيلية للمحطات الفرعية إلى جانب أنها تسجل بيانات الحمل .

ثانيا : التوزيع الإبتدائى (Primary distribution)

يتكون نظام التوزيع الإبتدائى من مغذيات منبثقة من المحطات الفرعية ، هذه المغذيات تمد أنظمة التوزيع الثانوى بالقدرة الكهربائية . عادة تكون جميع المغذيات عبارة عن دوائر ثلاثية الأطوار .

غالبا ودائما ما تكون المغذيات الإبتدائية فى تشكيل إشعاعى (radial) من المحطة الفرعية وحتى الأحمال (أى أن سريان القدرة فى إتجاه واحد) .

فى المناطق الكثيفة مثل المناطق التجارية و مناطق الأعمال يكون مؤشر الإعتمادية هاما، لذا يمكن أن تكون المغذيات فى تشكيل حلقى (loop) .

من العوامل المؤثرة فى التكاليف المنصرفة لتحقيق الإعتمادية ما يلى :

- تختص التكاليف المرتفعة بمعدات الوقاية . لأن القصر الحادث على التشكيل الحلقى يحتاج على الأقل لمعدتين وقاية للتشغيل ، وللحصول على فوائد الإعتمادية ، فيجب تجهيز المغذى بمعدات تحويل متعددة .
- تتجه تيارات العطل لأن تكون أقل وقريبة من تيارات الحمل الأسمى . لذا يتحقق الحد بين تيار فصل القاطع (breaker trip current) وتيار الحمل الأسمى
- نتيجة تعقيد التحكمات فى الجهد لذا يوجد موضعين للتحكم .

من أحد الوسائل للحصول على مميزات الاعتمادية للتشكيل الحلقى، ولتجنب الصعوبات المذكورة سابقا، فإنه يتم تشغيل التشكيل الحلقى فى صورة حلقة مفتوحة (open-loop) ،أى يستخدم مفتاح يكون وضع التشغيل العادى له مفتوح ويكون فى

وسط الحلقة . وعلى ذلك عند حدوث عطل أو قصر على الحلقة، عندئـذ يـتم غلـق المفتاح المفتوح ، بينما يفتح المفتاح الموجود قبل العطل (و المسئول عن عزل الجزء العاطل) وبذلك يعاد إمداد جميع أحمال الحلقة بالطاقة وهذا واضح فى شكل (4-4)

تتجه مرافق الكهرباء إلى زيادة مستويات الجهود الإبتدائية وذلك للمميزات التالية :

أ- زيادة السعة (increased capacity)

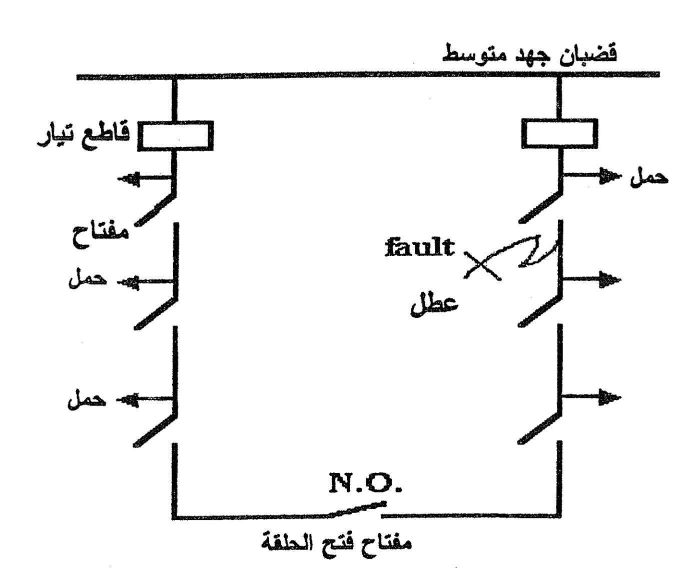
ب- إنخفاض هبوط الجهد (less voltage drop)

ج- إنخفاض المفقودات (decreased losses)

د- المقدرة على نقل الطاقة لمسافات أكبر وبذلك يمكن تخفـيض عـدد المحطـات الفرعية اللازمة لخدمة بعض مراكز الأحمال

يوجد عيب واحد للتوصية بإستخدام مستويات الجهود الأعلى وهى أنه يمكن إنقطاع التغذية عن عدد أكبر من المشتركين لكل دائرة وقاية .

يكون الطول النموذجى للمغذيات الرئيسية بين 1 -15 ميل .



شكل (4-4) نظام حلقى مفتوح

ثالثا : التوزيع الثانوى (Secondary distribution)

تعرف الفروع المأخوذة من المغذى الرئيسى بالخطوط الفرعية (Laterals)، يمكـن أن تكون الخطوط الفرعية ثلاثة أطوار، أو طورين أو طور واحـد. عـادة تسـتخدم المصهرات لوقاية الخطوط الفرعية وعلى ذلك فإن الخط الفرعى العاطل لا يؤدى إلـى فصل المغذى.

تتغذى شبكات التوزيع الثانوية من خلال شبكة الجهد المنخفض لمحولات التوزيع. من خلال شبكات التوزيع الثانوى يتم نقل وتوزيع القدرة الكهربائية على مراكز الأحمال.

مقارنة بين تصميمات شبكات التوزيع

تعتمد أساسيات أية دراسة للإعتمادية على التأكيد بتقديم خدمة جودة جيدة للمشتركين والتى تعرف بأنها توليفة من إتاحية مصدر التغذية ومـن جـودة التغذيـة المتاحـة للمشتركين. فيما يلى سنتعرض لإعتمادية ثلاثة أنواع من شـبكات التوزيـع. والتـى توضح كيفية تحسين الإعتمادية نتيجة:

- إعادة تشكيل الشبكة (reconfiguration)
- مصادر التغذية البديلة (alternative sources)

1-نظام التوزيع الاشعاعى (Radial Distribution System)

يوضح شكل (4-5) شبكة بسيطة إشعاعية. تحتوى الشبكة على مصدر تغذيـة واحـد والتى تغذى أحمال متعددة.

فى هذا الشكل لا يوجد مصدر تغذية بديل. يؤدى حدوث عطل بأى مكون واحـد مـن مكونات مسار التوالى بين المصدر والأحمال إلى إنقطاع التغذية عن جميـع الأحمـال المغذاة بعد المكون العاطل.

2-ترتيب توزيع التغذية البديلة

(Alternative Feed Distribution Arrangement)

يستخدم هذا الترتيب للحصول على إعتمادية عالية للقدرة الكهربائية. يوضح شكل (4-6) تمثيل لترتيب توزيع التغذية البديلة. حيث يتم توصيل جزء من الأحمال على أحد مصادر التغذية بينما توصل الأحمال الأخرى من مصدر تغذية آخر.

أحد مصادر التغذية يغذى الأحمال من خلال المفتاح S_1. بينما المصدر الآخر يغذى الأحمال من خلال المفتاح S_2 ويمكن الربط بين الدائرتين بتوصيل مفتاح الربط S_3 (tie-switch) والذى يكون وضعه العادى هو وضع الفصل عندما تكون التغذية من المصدرين معا. تصمم المعدات الكهربائية المكونة لهذا النظام لتزويد الأحمال بنسبة 100%.

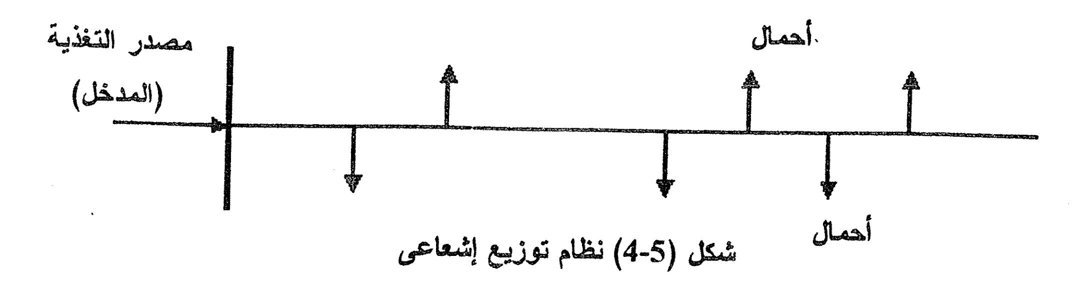
عند حدوث عطل للمفتاح 1 ،يتم عزل العطل عن طريق فتح قاطع التيار، ثم يغلق مفتاح الربط S_3 والذى يسمح لجميع الأحمال أن تتغذى من مصدر تغذية واحد و ذلك حتى يتم تلافى المشكلة. وفى هذه الحالة فإن التغذية تسترجع لأغلب المشتركين فورا ولا ينتظر حتى يتم إصلاح المفتاح S_1 .

3- ترتيب تغذية بديلة بإستخدام مصدر موزع

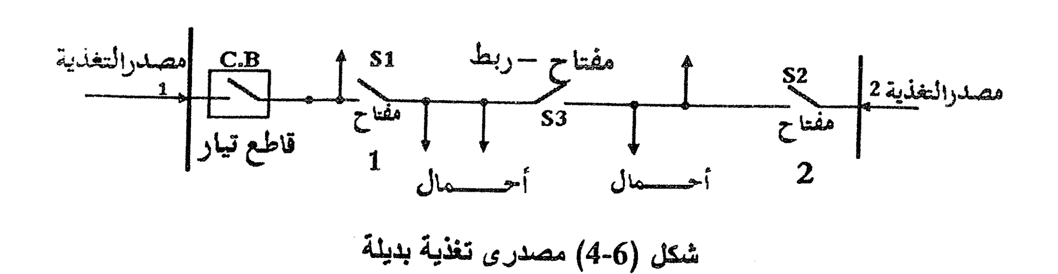
(Alternative feed arrangement with DR)

يمكن زيادة تحسين الإعتمادية بإضافة مصدر موزعDR (distributed resource) للدائرة، كما هو موضح فى شكل (4-7) . فى حالة حدوث عطل على الجانب الأيسر للمفتاحS_1 عندئذ يمكن فتح S_1 وغلق S_4 وعلى ذلك يغذى المصدر الموزع (DR) باقى أحمال الدائرة والتى كانت تغذى أصلا من خلال المغذى 1. بدون DR فإنه يمكن التغذية من S_1 .

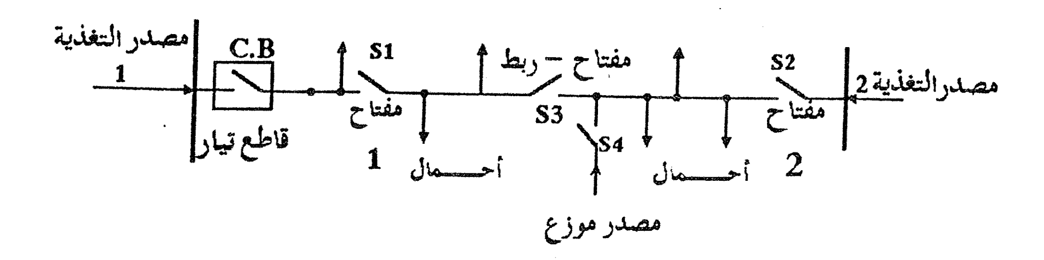
يوضح شكل (4-8) تجميع للأنواع المختلفة من أختيارات الشبكات و التى لكل منها خصائص إعتمادية مختلفة.



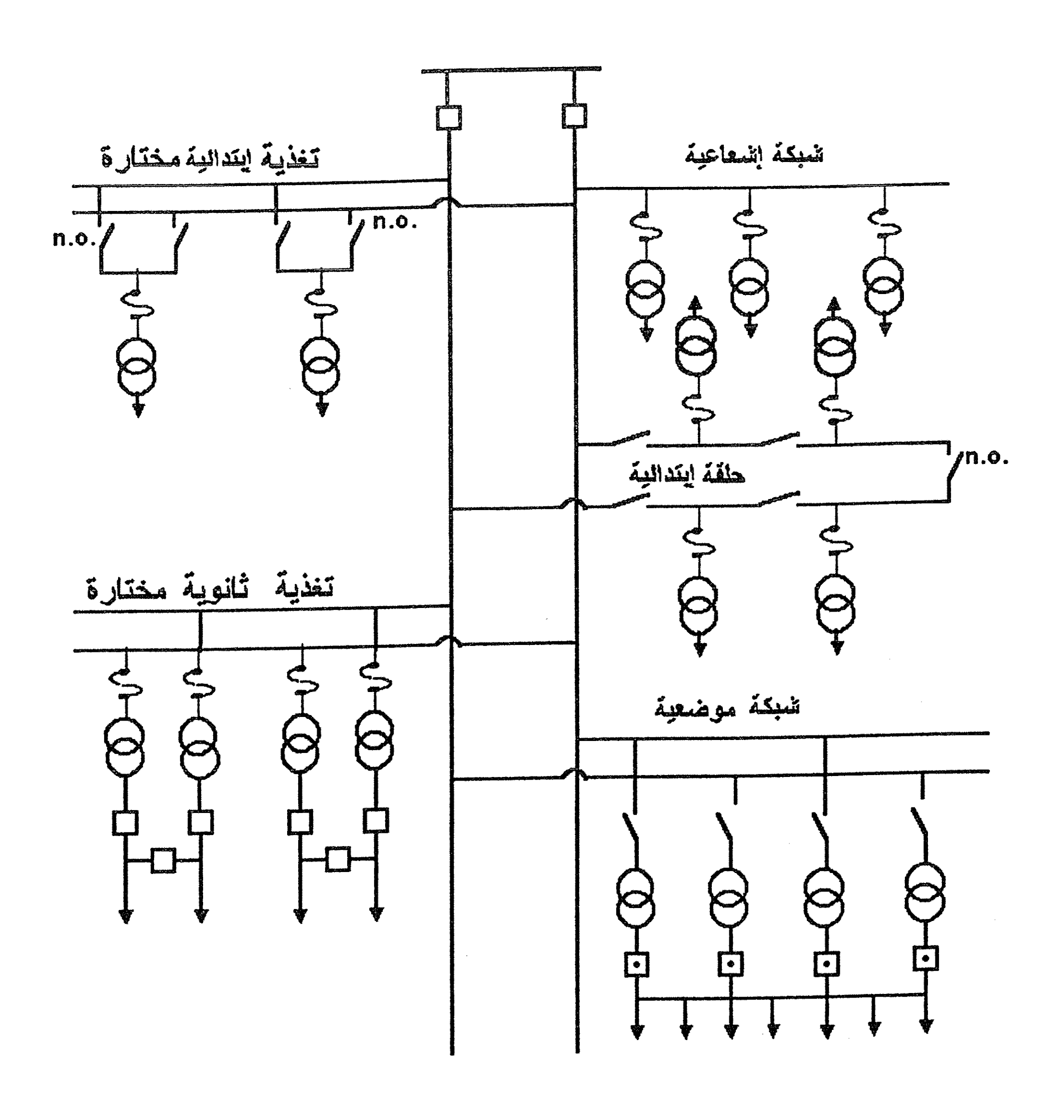
شكل (4-5) نظام توزيع إشعاعى



شكل (4-6) مصدرى تغذية بديلة



شكل (4-7) ترتيب تغذية بديلة بإستخدام مصدر موزع



شكل (8-4) أنواع مختلفة من أختيارات الشبكات و كل منها لها خصائص إعتمادية مختلفة

تشغيل المفاتيح (Switching Operations)

يؤدى تحليل الإعتمادية لأنظمة القوى لإعتمادية أكبر وتشغيل بتكلفة فعالة، لذا فإن تحليل إستعادة القدرة عبارة عن جزء من حسابات الأداء لتحليل الإعتمادية. بفرض أن زمن تشغيل المفتاح أقل من زمن الإصلاح ، ولذا فأن إسترجاع القدرة المفقودة للأحمال تكون أسرع بالتشغيل المناسب للمفاتيح ،أو بإعادة تشكيل (reconfiguration) النظام .

يوجد نوعين من تشغيل المفاتيح هما :

1- عزل موضع العطل حتى يمكن إعادة مصدر تغذية موضع الحمل (Load point)، والذي انقطعت عنه التغذية، من المصدر الأصلى .

2- عزل موضع العطل وتغذية موضع الحمل من مصدر بديل (فى حالة توافر مصدر بديل) كما فى شكل (4-9)، بفرض حدوث عطل على المكون 5، عندئذ يفتح المفتاح SW_4 وذلك بغرض عزل المكون 5 العاطل عن باقى هذه الشبكة.ويلاحظ أن مصدر التغذية الأصلى S_0 يظل يغذى جميع المشتركين ما عدا المشتركين المتصلين بالمفتاح SW_4

فى النوع الآخر لتشغيل المفاتيح يعزل موضع العطل ويفصل مصدر التغذية الأصلى عن موضع الحمل المتأثر.

فى هذه الحالة تحتاج الأحمال إلى مصدر تغذية بديل لإستعادة التغذية لموضع الحمل المتأثر. مثلا، عند حدوث عطل بالمكون 2 فيتم عزل هذا العطل عن طريق فتح B_1 & SW_{14}.

فى حالة عدم وجود مصدر بديل للتغذية، عندئذ تكون الحالة الوحيدة لإستعادة التغذية للمنطقة العاطلة هى الإنتظار حتى إصلاح العطل .بينما فى حالة وجود مصدر تغذية بديل S_1 كما فى شكل (4-9) فإنه يتم تغذية أحمال المفتاح SW_{14} عن طريق توصيل القاطع B_{25}. لهذه الحالة، فإن زمن الإستعادة من خلال تشغيل المفتاح يكون أقل بكثير من زمن الإصلاح .

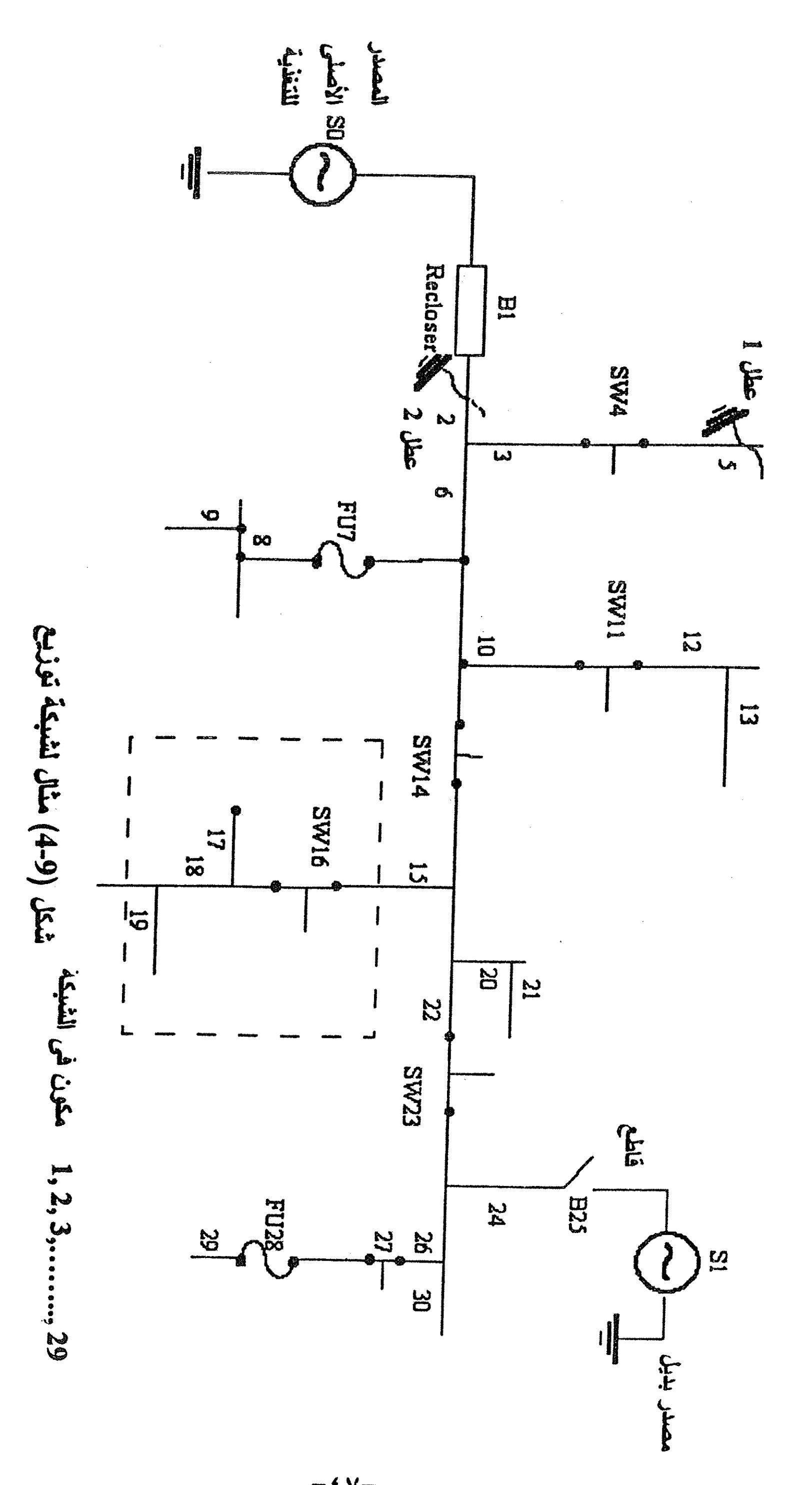
عموما تصنف شبكات التوزيع من حيث الهيئة أو التشكيل إلى صنفين، فـى أحـدهما تحتوى الشبكة على خطوط ومحولات ومكونات أخرى (مكثفات .. منظمات ....) والتى تكون مسئولة مباشرة عن القدرة المنقولة من شبكة التوزيع وحتى المشتركين، كمـا فى شكل (4-10). وفى النوع الآخر تحتوى الشبكة على مصـهرات وأجهـزة إعـادة التوصيل (reclosers) وقواطع التيار (circuit breaker).

يصمم هذا الجزء للكشف عن الحالات غير العادية فى مصدر التغذية وعن طريقها يتم عزل الجزء العاطل فى الشبكة (والمسبب والمسئول عن هذه الحـالات) عـن بـاقى النظام . يكون لموضع أجهزة الوقاية و مكونات العـزل بشـبكة التوزيـع و مـدى إستجابتها للعطل، تأثير هام على مؤشرات الإعتمادية . يتم تقسيم أنظمة التوزيع إلـى أجزاء (segments) عن طريق أجهزة الوقاية و معدات العزل. يعرف الجـزء بأنـه مجموعة من المكونات لها مكون كمدخل عبارة عن مفتـاح أو جهـاز وقايـة. هـذه الأجهزة القطاعية (sectionalizing devices) تعزل مجموعة من المكونـات إلـى قطاعات لا تتجزأ. كل جزء يحتوى على مفتاح أو جهاز وقاية واحد فقط .

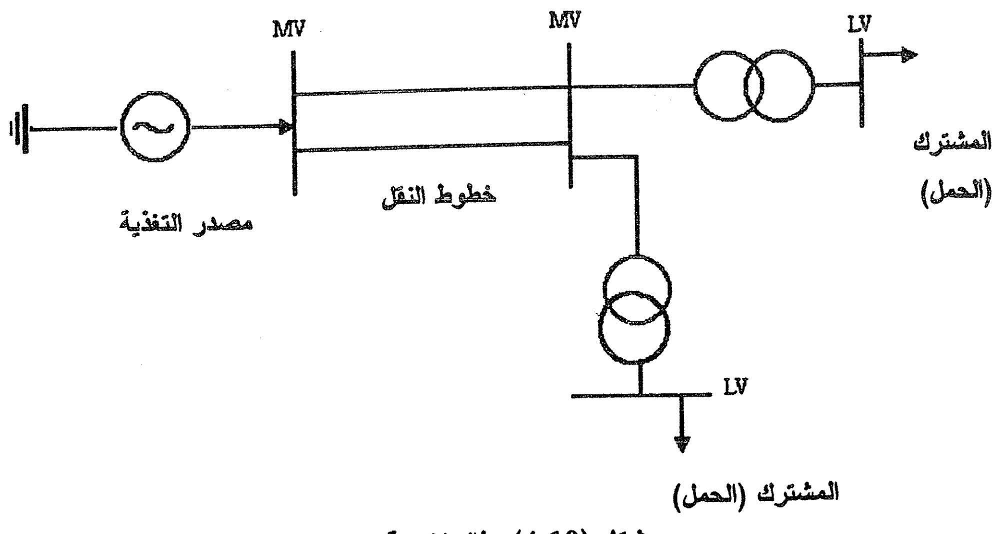
فى شكل (4-11) يلاحظ أن الوقاية الوحيدة على المغذى هى قاطع تيار المحطة. عند حدوث عطل لأى مكون فى هذا الجزء فإنه يسبب قطع التغذية عن موضع الحمـل 1. وهذا يسرى على مواضع الحمل الأخرى (أى 2&3&4&5). ولا يحتوى هـذا المثـال على إستعادة مؤقته للتغذيه. وعلى ذلك فإن الإعتماديـة لجميـع مواضـع الأحمـال (1,2....5)، فى هذا المثال، متماثله.

يسمى الجزء بنفس تسمية جهاز القطاع. فمثلا فى شكل (4-11) يوجد جـزء واحـد والذى يسمى بالجزء B، منسوبا إلى أسم قاطع التيار B. وعلى ذلك ينتمى كـل مـن القاطع B والمكونات 1&2&3 &4&5 إلى الجزء B.

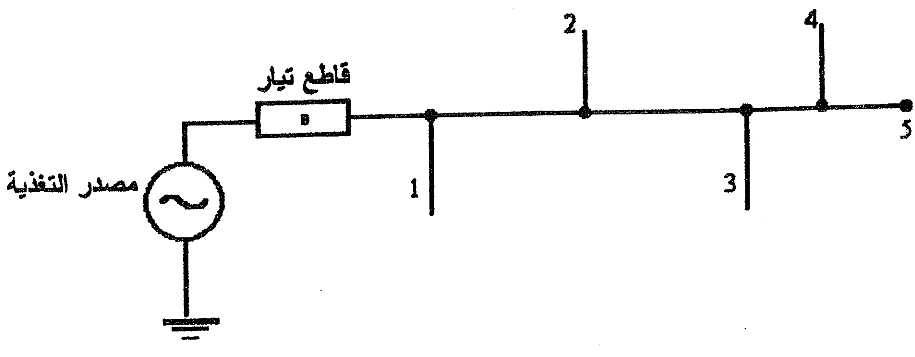
تساعد طريقة الأجزاء بشبكات التوزيع فى تسريع إجراء حسابات مؤشرات الإعتمادية.



شكل (4-9) مثال لشبكة توزيع مكون فى الشبكة 1, 2, 3,......., 29



شكل (4-10) مثال لشبكة توزيع



شكل (4-11) مثال لتقسيم خط إلى أجزاء

الباب الخامس
مؤشرات الإعتمادية
Reliability Indices

الإعتمادية هى إتاحية إمداد (أو توريد) المشتركين بمصدر تغذية كهربائية عند قيم قياسية مقبولة للجهد والتردد . وتقاس الإعتمادية بإستمرار الخدمة وإستقرار الجهد والتردد حول القيم الإسمية. وتستخدم مؤشرات الإعتمادية لتقييم الإعتمادية . وتعتبر مؤشرات الإعتمادية أحد أدوات أو وسائل شركات (أو مرافق أو هيئات) الكهرباء المستخدمة لإختيار أولويات تكاليف الصيانة ورأس المال وتقييم الأداء. تشير نتائج مؤشرات الإعتمادية لكفاءة الخدمة المقدمة للمشتركين من حيث عدد مرات إنقطاعات التغذية الكهربائية وفترات إستخدام الإنقطاع .

من أهداف حساب وتقييم مؤشرات الإعتمادية :

1- تزويد الإدارة ببيانات الأداء الخاصة بجودة خدمة المشتركين بالشبكة الكهربائية ككل

2- تحديد المحطات الفرعية والدوائر دون المستوى القياسي المطلوب للأداء وللتحقق من الأسباب وتحليلها

3- تزويد الإدارة ببيانات الأداء الخاصة بجودة خدمة المشتركين لكل إدارة تشغيل

4- تجهيز التاريخ السابق لإعتمادية الدوائر والخطوط المنفصلة فى حالتى المشتركين الحاليين والمتوقعين

5- تحقيق متطلبات جهاز تنظيم مرفق الكهرباء

6- تزويد الإدارة ببيانات الأداء الخاصة بجودة خدمة المشتركين لكل مستوى جهد بالشبكة

7- إضافة الأجزاء أو المعدات المستبدلة والأجهزة الجديدة أثناء أخذ قرارت الشراء (للمهمات والمكونات)

8- تجهيز البيانات اللازمة للمقارنة الهندسية لأداء الشبكات الكهربائية للمرافق المختلفة

9- الحصول على التحسين المثالى للإعتمادية لكل وحدة تكلفة (دولار مثلا) مصروفه في برامج التصميم والصيانة والتشغيل

10- تجهيز أساسيات إنشاء معايير استمرارية الخدمة

تعبر مؤشرات الإعتمادية عن إحصائيات الإنقطاعات (عدد الإنقطاعات أو معدل تكرار الإنقطاع أو طول فترة الإنقطاع) عن المشتركين المتصلين بجزء من الشبكة أو بالشبكة ككل . هنا يمكن أن يكون المشترك إما وحدة منفصلة (individual) أو شركة (firm) أو منظمة (organization) والتى تشترى خدمة الكهرباء عند موضع محدد من خلال عقد توريد الطاقة الكهربائية. إذا مدت الخدمة للمشترك من أكثر من موضع عندئذ يجب أن يعتبر كل موضع كمشترك .

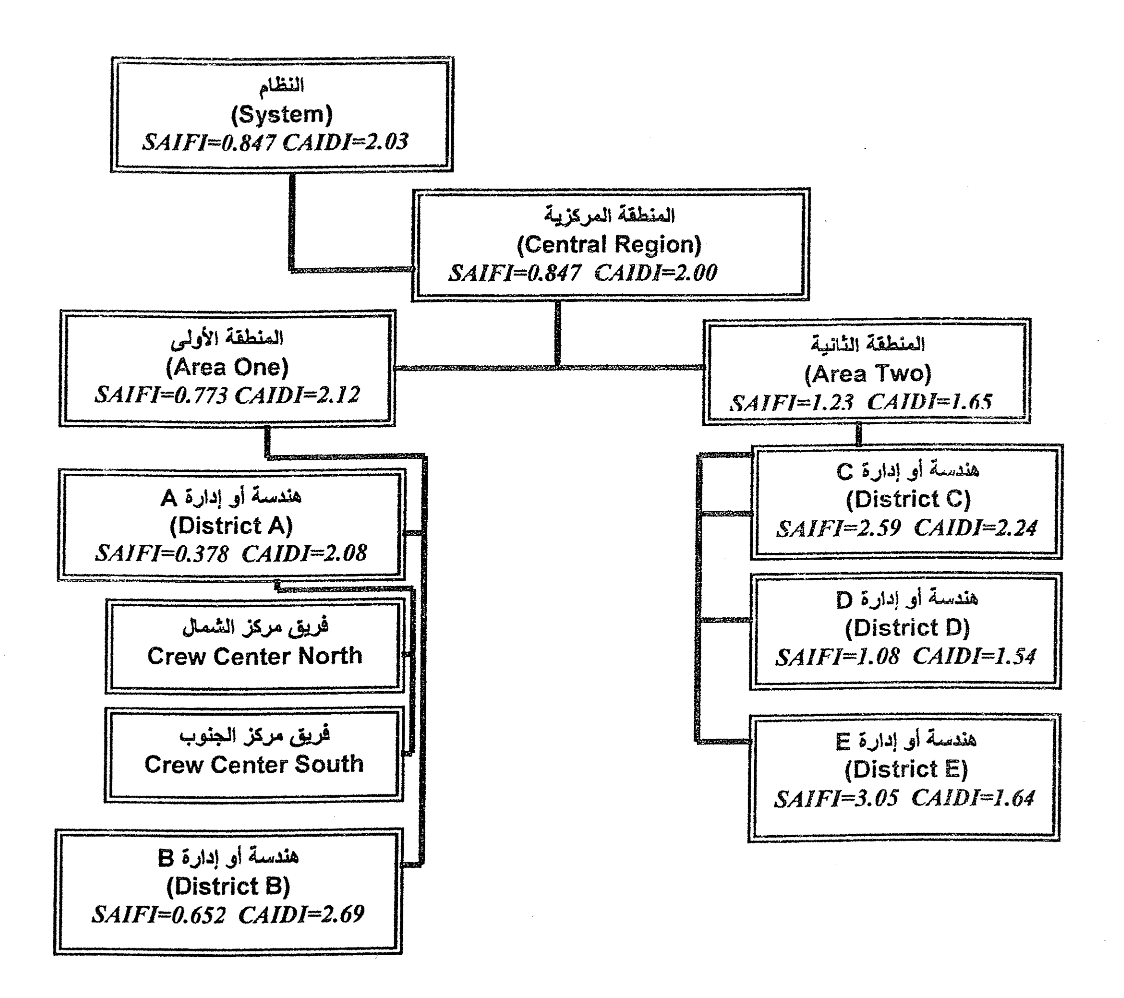
لحساب مؤشرات الإعتمادية يتم الآتى :

- تقسم الشبكة الكهربائية طبقا لمستويات الجهد مثل : جهد فائق ، جهد عالى ، جهد متوسط وجهد منخفض وتحسب المؤشرات عند كل مستوى جهد
- أو تقسم الشبكة الكهربائية طبقا للهيكل الإدارى للشبكات مثل : منظمة أو إدارى أو هندسه أو قسم أو مركز تحكم وتحسب المؤشرات لكل تقسيم
- لكل تقسيم تحسب المؤشرات لكل موضع أحمال.

يوضح شكل (1-5) مثال لتقسيم مرفق كهرباء NIMO بنيويورك – أمريكا .

مرفق NIMO (Niagara Mohawk Power Corp) عبارة عن مرفق للكهرباء والغاز يخدم 1.5 مليون مشترك على مساحة24000 ميل مربع (حوالى 62160 كم مربع) .

ويتضح من شكل (1-5) أنه يتم تقسيم مرفق NIMO إلى منطقتين يقعا تحت مسئولية المنطقة المركزية . كل منطقة تحتوى على عدد من الإدارات أو الهندسات ومن ثم يتم حساب مؤشرات الإعتمادية لكل إدارة ولكل منطقة وللمنطقة المركزية ثم للنظام .



شكل (5-1) مثال لتقسيم شبكة كهرباء NIMO بغرض حساب مؤشرات الإعتمادية وتقييم أداء كل إدارة

SAIFI =System average interruption frequency index
مؤشر متوسط تكرار الإنقطاع للنظام =

CAIDI=Customer average interruption duration index
مؤشر متوسط فترة الإنقطاع للمشترك =

"www.tdworld.com"

فى هذا المثال أعتبر كل جزء فى الشبكة الكلية كنظام و تم حساب مؤشرات الإعتمادية له.ثم يتم حساب مؤشرات الشبكة أو الشركة ككل و إعتبارها النظام أيضـــا . عمومـــا يعتبر موضع الحمل (Load Point) هو أصغر جزء فى الشبكة يبدأ عنـــده حســـاب مؤشرات الإعتمادية . يمكن أن يكون موضع الحمل إما مغذى (feeder) أو محـــول يغذى مجموعة من المشتركين أو منطقة جغرافية محددة ،.. بمعنى أن يقسم جزء من الشبكة إلى مجموعة من مواضع الأحمال ويتم حساب مؤشرات الإعتمادية الآتية لكـــل موضع حمل ...

- متوسط معدل العطل λ (average failure rate) بوحدات تكرار العطل / السنة (int/y) او عطل / سنة (f/y)
- متوسط زمن الاستعادة r (average restoration time) بوحدات ساعة/عطل (h/f)
- المتوسط السنوى لعـــدم الإتاحيـــة U (average loss of energy) بوحـــدات ساعة/السنة (h/y) ونحصل عليها من المعادلة $U= \lambda r$
- متوسط الطاقة المفقودة LOE (average loss of energy) بوحدات كيلووات ساعة/السنة (Kwh/y)

يـــوضح جدول (5-1)مثال لمؤشـــرات الإعتمادية لمكونات منفصـــلة بشـــبكة جهـــد متـــوسط – الناتجة من مســـح تم بمنشـــأة صناعية خـــلال 1973-1974 .المـــأخوذة من IEEE 493-97.

تعريفات مؤشرات الإعتمادية

- **مؤشرات الإعتمادية لموضع الأحمال**

يوضح جدول (5-2) تعريفات مؤشرات الإعتماديـــة الأساســـية (λ) & (r) لموضـــع الأحمال

- مؤشرات الإعتمادية للنظام

تصنف مؤشرات الإعتمادية للنظام إلى:

١- مؤشرات الإنقطاعات المستمرة

أ- مؤشرات تعتمد على بيانات المشتركين

ب- مؤشرات تعتمد على بيانات الأحمال

٢- مؤشرات الإنقطاعات اللحظية

يوضح شكل (2-5) تصنيف لأنواع مؤشرات الإعتمادية للنظام

تبين الجداول (3-5) & (4-5) &(5-5) تعريف مؤشرات الإعتمادية للنظام.

جدول(1-5)مثال لنتائج مسح تم بمنشأة صناعية خلال 1973-1974

λr (h/y)	r (h/fail)	λ (fail/y)	المكون
0.001	5.0	0.0002	أجهزة الوقاية Protective relays
0.1624	26.5	0.00613	كابلات قدرة (10000 قدم)جهد متوسط Power cables
0.0075	25	0.0003	نهايات الكابلات - جهد متوسط Cable terminals
0.0108	4.0	0.0027	قاطع تيار Circuit breakers
0.022	3.6	0.0061	مفاتيح فصل Disconnected switches
1.026	342	0.003	محولات توزيع Transformers
32.4	7.2	4.5	مولد تربينة غازية Gas turbine generator

IEEE 493-1997

جدول(2-5) تعريف مؤشرات الإعتمادية لموضع الحمل

المؤشر	التعريف
λ **Permanent forced outage rate of the component** **معدل التوقف الإضطرارى المستمر للمكون**	**هو معدل حدوث التوقفات الإضطرارية و التى فيها يعطل مكون و لا يمكن إسترجاع خدمة التغذية الكهربائية حتى يتم تصليح أو إستبدال المكون العاطل**
λ' **Transient forced outage rate of component** **معدل التوقف الإضطرارى العابر للمكون**	**هو معدل حدوث التوقفات الإضطرارية و التى فيها لا يعطل المكون و يمكن إسترجاع خدمة التغذية الكهربائية فورا**
r **Average outage time** **متوسط زمن التوقف**	**هو الزمن المتوقع لتصليح أو إستبدال المكون**

مؤشرات الإعتمادية للنظام
(System Reliability Indices)

مؤشرات الإنقطاعات المستمرة
(Sustained interruption indices)

أ- مؤشرات تعتمد على بيانات المشتركين
(Customer based indices)

1. SAIFI
2. SAIDI
3. CAIDI
4. CTAID
5. CAIFI
6. ASAI
7. $CEMI_n$
8. ASUI
9. AENS

ب- مؤشرات تعتمد على بيانات الأحمال
(Load based indices)

10. ASIFI
11. ASIDI

ج- مؤشرات الإنقطاعات اللحظية
(momentary interruption indices)

12. MAIFI
13. MAIFIE
14. $CEMSMI_n$

شكل (2-5) تصنيف مؤشرات الإعتمادية للنظام

جدول (5-3) تعريف مؤشرات الاعتمادية للنظام

أ- مؤشرات الانقطاعات المستمرة - المعتمدة على بيانات المشتركين

المؤشـــــــر	التعريـــــــف
SAIFI **System Average Interruption Frequency Index** مؤشر متوسط تكرار الانقطاعات للنظام	صمم هذا المؤشر للحصول على بيانات متوسط تكرار الانقطاعات المستمرة لكل مشترك لمنطقة معرفة سابقا . ويعرف بأنه نسبة مجموع عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة إلى العدد الكلى للمشتركين .
SAIDI **System Average Interruption Duration Index** مؤشر متوسط فترة الانقطاع للنظام	يشير هذا المؤشر إلى فترة الإنقطاع عن المشترك بالدقائق أو الساعات ومصمم للحصول على بيانات عن متوسط زمن إنقطاع الخدمة عن المشترك . ويعرف بأنه نسبة مجموع فترات الإنقطاعات عن المشتركين إلى العدد الكلى للمشتركين
CAIDI **Customer Average Interruption Duration Index** مؤشر متوسط فترة الانقطاع للمشترك	يشير هذا المؤشر إلى متوسط الزمن المطلوب لإستعادة الخدمة للمشترك لكل إنقطاع مستمر. ويعرف بأنه نسبة مجموع فترات انقطاعات المشتركين إلى مجموع عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة
CTAIDI **Customer Total Average Interruption Duration Index** مؤشر اجمالى متوسط فترات الانقطاع للمشترك	للمشتركين المتعرضين فعليا للإنقطاع فإن هذا المؤشر يمثل إجمالى متوسط الزمن غير المتاح به خدمة كهربائية خلال دورة التقرير. ويلاحظ الفرق بين مؤشر CAIDI ومؤشر CTAIDI حيث يتم فيه تسجيل المشتركين المتكرر إنقطاع الخدمة عنهم مرة واحدة فقط. ويعرف بأنه نسبه مجموعة فترات إنقطاعات المشتركين إلى العدد الكلى للمشتركين المتعرضين لإنقطاع مستمر
AENS **Average Energy Not Supplied** مؤشر متوسط الطاقة غير الموردة	هى النسبة بين الطاقة غير الموردة إلى عدد المشتركين.

تابع جدول (3-5) تعريف مؤشرات الاعتمادية للنظام

أ -مؤشرات الانقطاعات المستمرة - المعتمدة على بيانات المشتركين

المؤشـــــــــــر	التعريـــــــــــف
CAIFI **Customer Average Interruption Frequency Index** مؤشر متوسط تكرار الانقطاع للمشتركين	يشير هذا المؤشر إلى متوسط تكرارالإنقطاع عن المشتركين المتعرضين لإنقطاعـات مسـتمرة. يراعى تسجيل كل مشترك مرة واحـدة بصـرف النظر عن عدد مـرات الإنقطـاع خـلال دورة التقرير ويعرف هذا المؤشر بأنه نسبة مجمـوع عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة إلى العدد الكلى للمشتركين المتعرضين لإنقطاع مستمر
ASAI **Average Service Availability Index** مؤشر متوسط اتاحيه الخدمة	يمثل هذا المؤشر نسبه الفترة التى يتم فيها إمداد المشترك بالطاقة الكهربائية خلال سنة أو خـلال دورة التقرير. ويعرف هذا المؤشر بأنـه نسـبه الساعات المتاحة لتقديم الخدمة للمشتركين إلـى عدد ساعات تقديم الخدمة للمشتركين
$CEMI_n$ **Customers Experiencing Multiple Interruptions** مؤشر معدل تكرار المشتركين المتعرضين لإنقطاع متكرر	يصمم هذا المؤشر لرصد عدد n من الانقطاعات المستمرة لمشترك محـدد . ويكـون الغـرض مساعدة ومساندة المستهلك فى معرفة مشـاكله والذى يصعب معرفتها عـن طريـق اسـتخدام المتوسطات. ويعرف هذا المؤشر بأنـه نسـبة اجمالى عدد المشتركين المتعرضين لإنقطاعـات مستمرة أكثر من n مـرة إلـى العـدد الكلـى للمشتركين
ASUI **Average Service Unavailability Index** مؤشر متوسط عدم إتاحية الخدمة	هى ناتج طرح الوحدة من مؤشر متوسط إتاحية الخدمة.

جدول (4-5) تعريف مؤشرات الاعتمادية للنظام

ب - مؤشرات الانقطاعات المستمرة - المعتمدة على بيانات الاحمال

المؤشـــــــــــر	التعريـــــــــــف
ASIFI **Average System Interruption Frequency Index** مؤشر تكرار الإنقطاعات لنظام متوسط *	يستخدم هذا المؤشر لحساب الإعتمادية عندما تكون بيانات الأحمال متاحه بينما بيانـــات المشــتركين غيــر متاحـــة للمشــتركين التجــاريين و الصــناعيين يعتبر هذا المؤشر هامــا ويشــبه هــذا المؤشر مؤشر SAIFI. ويعرف هــذا المؤشر بأنه نســبه مجمــوع القــدرة (KVA) المقطوعه إلى إجمالى القدرة الفعلية (KVA) المتصلة بالشبكة.
ASIDI **Average System Interruption Duration Index** مؤشر فترة الإنقطاع لنظام متوسط	يشبه هذا المؤشر مؤشر SAIDI ولكن يحسب بإستخدام بيانات الأحمال ويعرف هذا المؤشر بأنه نسبه فتــرة إنقطـــاع القدرة (KVA) إلى إجمــالى القــدرة الفعلية (KVA) المتصلة بالشبكة

* أستعمل تعبير " نظام متوسط" لأن هذا التصنيف يعتمد على تقسيم الشبكة إلى أجزاء يطلق عليها " موضع الحمل" أى "منظومة متوسطة" يحسب لها مؤشرات الإعتماديـــة إعتمادا على بيانات الأحمال.

جدول (5-5) تعريف مؤشرات الاعتمادية للنظام

ج – مؤشرات الانقطاعات اللحظية

المؤشر	التعريف
MAIFI Momentary Average Interruption Frequency Index مؤشر متوسط تكرار الانقطاع اللحظى	يشبه هذا المؤشر مؤشر SAIFI ولكنه يستخدم متوسط تكرار الإنقطاعات اللحظية .ويعرف هذا المؤشر بأنه نسبه مجموع عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة لحظيا إلى إجمالى عدد المشتركين
$MAIFI_E$ Momentary Average Interruption Event Frequency Index مؤشر متوسط تكرار مرات حدث الإنقطاع اللحظى	يشبه هذا المؤشر مؤشر SAIFI ولكنه يستخدم متوسط تكرار أحداث الإنقطاعات اللحظية. ويعرف هذا المؤشر بأنه نسبه إجمالى عدد مرات الإنقطاع اللحظى عن المشتركين إلى إجمالى عدد المشتركين
$CEMSMI_n$ Customers Experiencing Multiple Sustained Interruptions and Momentary Interruptions Events مؤشر عدد المشتركين المتعرضين للإنقطاعات المستمرة واللحظية المتعددة	يستخدم هذا المؤشر لتحديد عدد (n) مره لحدوث كل من الإنقطاعات المستمرة واللحظية لمجموعة محدودة من المشتركين. وعن طريق هذا المؤشر يمكن معرفة المشاكل التى يصعب تحديدها عن طريق المتوسطات ويعرف هذا المؤشر بأنه نسبة إجمالى عدد المشتركين المتعرضين لإنقطاعات أكبر من n إلى إجمالى عدد المشتركين

معادلات حساب مؤشرات الإعتمادية

تحسب مؤشرات إعتمادية النظام و مؤشرات إعتمادية موضع الحمل إعتماداً على البيانات المتاحة خلال فترة تسجيل البيانات (و التى عادة تكون سنة)

أ- حساب مؤشرات إعتمادية مواضع الأحمال

- معادلات مؤشرات إعتمادية مواضع الأحمال بمعلومية عدد المشتركين.
  كما فى جدول (5-6).
- معادلات مؤشرات إعتمادية مواضع الأحمال بمعلومية بيانات الأحمال
  كما فى جدول (5-7).
- معادلات مؤشرات إعتمادية مواضع الأحمال بمعلومية عدد المحطات الفرعية أو عدد المحولات.
  كما فى جدول (5-8).

ب- حساب مؤشرات إعتمادية النظام

- معادلات مؤشرات إعتمادية النظام بمعلومية بيانات المشتركين
  كما فى جدول (5-9)
- معادلات مؤشرات إعتمادية النظام بمعلومية بيانات الأحمال
  كما فى جدول (5-10)
- معادلات مؤشرات إعتمادية النظام للإنقطاعات اللحظية
  كما فى جدول (5-11)

ج-العلاقة بين مؤشرات إعتمادية مواضع الأحمال و مؤشرات إعتمادية النظام

- يوضح جدول (5-12) هذه العلاقة

جدول (6-5)معادلات مؤشرات الإعتمادية لمواضع الأحمال بمعلومية عدد المشتركين

البيانات المتاحة (سنويا)	الوحدة	المعادلة
N_i= number of customers in the i^{th} group of customers interrupted عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة من الفئة i =	(int/y)	$\lambda = \frac{\sum N_i}{N_s}$
N_s= total number of customers supplied إجمالى عدد المشتركين المتصلين بالمصدر=	(min/int) أو (h/int)	$r = \frac{\sum N_i * t_i}{\sum N_i}$
t_i=duration of the interruption for the customers in the i^{th} group فترة الإنقطاع للمشترك من الفئة i=	(min/y) أو (h/y)	$U = \frac{\sum N_i * t_i}{N_s}$

جدول (7-5) معادلات مؤشرات الإعتمادية لمواضع الأحمال بمعلومية الحمل (بوحدة KVA)

البيانات المتاحة (سنويا)	الوحدة	المعادلة
I_i= installed (or declared) KVA in the i^{th} group of customers interrupted الحمل المركب (أو المعلن)بوحدة KVA للمشتركين المقطوع عنهم الخدمة من الفئة i =	(int/y)	$\lambda = \frac{\sum I_i}{L_s}$
Ls=total installed (or declared) KVA at a date specified by the organization الحمل الكلى المركب (أو المعلن) بوحدة KVA عند التاريخ المحدد بمعرفة المرفق=	(min/int) أو (h/ int)	$r = \frac{\sum I_i * t_i}{\sum I_i}$
t_i= duration of interruption for the customers in the i^{th} group فترة الإنقطاع للمشترك من الفئة i = U=average annual interruption time المتوسط السنوى لزمن الإنقطاع=	(min/y) أو (h/y)	$U = \frac{\sum I_i * t_i}{L_s}$ $= \lambda . r$

جدول(8-5) معادلات مؤشرات الإعتمادية لمواضع الأحمال بمعلومية عدد المحطات الفرعية أو عدد المحولات

البيانات المتاحة (سنويا)	الوحدة	المعادلة
S_i= Number of substations (or transformers) supplying the ith group of customers interrupted عدد المحطات الفرعية (أو المحولات) المغذية للمشتركين المقطوع عنهم الخدمة من الفئة i =	(int/y)	$\lambda = \frac{\sum S_i}{S_s}$
Ss= total number of substations (or transformere) at a date specified by the organization إجمالى عدد المحطات الفرعية (أو المحولات) عند التاريخ المحدد بمعرفة المرفق=	(min/int) أو (h/ int)	$r = \frac{\sum S_i * t_i}{\sum S_i}$
t_i= duration of interruption for the customers in the i^{th} group فترة الإنقطاع للمشترك من الفئة i =	(min/y) أو (h/y)	$U = \frac{\sum S_i * t_i}{S_s}$ $= \lambda r$

جدول (9-5) معادلات مؤشرات الإعتمادية للنظام

أ-مؤشرات الإنقطاعات المستمرة - المعتمدة على بيانات المشتركين

البيانات المتاحة (سنويا)	الوحدة	المعادلة
N_i= number of interrupted customers for each interruption event during reporting period عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة لكل حالة إنقطاع = خلال دورة التقرير	(int/y.cust)	$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_T}$ = مجموع عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة / العدد الكلى للمشتركين
$\sum N_i$ = total number of customer interruptions مجموع عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة=	(min/y.cust) أو (h/y.cust)	$SAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{N_T}$ = مجموع فترات إنقطاعات المشتركين / العدد الكلى للمشتركين
N_T= total number of customer served for the area being indexed العدد الكلى للمشتركين المقدم لهم الخدمة فى منطقة محددة = r_i=restoration time for each interruption event زمن الإستعادة لكل حالة إنقطاع =	(h/int)	$CAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{\sum N_i} = \frac{SAIDI}{SAIFI}$ = مجموع فترات إنقطاعات المشتركين / مجموع عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة

تابع جدول (9-5) معادلات مؤشرات الإعتمادية للنظام

أ-مؤشرات الإنقطاعات المستمرة – المعتمدة على بيانات المشتركين

البيانات المتاحة (سنويا)	الوحدة	المعادلة
CN= total number of customers who have experienced a sustained interruption during period العدد الكلى المشتركين المتعرضين لأنقطاع مستمر خلال دورة التقرير =	(min/y) أو (h/y)	$CTAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{CN}$ = مجموع فترات إنقطاعات المشتركين / العدد الكلى للمشتركين المتعرضين للإنقطاع المستمر
	(int/y)	$CAIFI = \frac{\sum N_i}{CN}$ = مجموع عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة / العدد الكلى للمشتركين المتعرضين لأنقطاع مستمر

تابع جدول (9-5) معادلات مؤشرات الإعتمادية للنظام

أ-مؤشرات الإنقطاعات المستمرة – المعتمدة على بيانات المشتركين

البيانات المتاحة (سنويا)	الوحدة	المعادلة
$CN_{K>n}$= total number of customers who have experienced more than n sustained interruptions during the reporting period = إجمالى عدد المشتركين المتعرضين لإنقطاعات مستمرة أكثر من n مرة خلال دورة التقرير	p.u	$ASAI = \frac{N_T(No, of\ h/y) - \sum r_i N_i}{N_T(No, of\ h/y)}$ = الساعات المتاحة لتقديم الخدمة للمشتركين / عدد ساعات تقديم الخدمة للمشتركين
	(int/y)	$CEMI_n = \frac{CN_{k>n}}{N_T}$ = إجمالى عدد المشتركين المتعرضين لإنقطاعات مستمرة أكثر من n مرة / العدد الكلى للمشتركين
	p.u	$ASUI = 1 - ASAI$
	Kwh/cust.y	AENS= الطاقة غير الموردة / عدد المشتركين

جدول (5-10) معادلات مؤشرات الإعتمادية للنظام

ب-مؤشرات الإنقطاعات المستمرة – المعتمدة على بيانات الأحمال

البيانات المتاحة (سنويا)	الوحدة	المعادلة
L_i=connected KVA load interrupted for each interruption level = مقدار القدرة (KVA) المقطوعة الناتجة عن كل إنقطاع L_T=Total connected KVA load served =جمالى القدرة(KVA) الفعلية المتصلة بالشبكة r_i=restoration time for each interruption event = الزمن المستغرق لإستعادة الخدمة لكل إنقطاع i=an interruption event = حدث إنقطاع	(int/y.cust)	$ASIFI = \frac{\sum L_i}{L_T}$ = مجموع القدرة (KVA) المقطوعة / إجمالى القدرة الفعلية المتصلة بالشبكة
	(min/y.cust) أو (h/y.cust)	$ASIDI = \frac{\sum r_i L_i}{L_T}$ = فترة إنقطاع القدرة / إجمالى القدرة الفعلية المتصلة بالشبكة

جدول (5-11) معادلات مؤشرات الإعتمادية للنظام

ج-مؤشرات الإنقطاعات اللحظية

البيانات المتاحة (سنويا)	الوحدة	المعادلة
ID_i= number of interrupting device operations عدد مرات تشغيل أجهزة القطع = N_i= number of interrupted customers for each interruption event during reporting period عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة لكل حالة إنقطاع خلال دورة التقرير= N_T= total number of customer served for the area being indexed العدد الكلى للمشتركين المقدم لهم الخدمة فى منطقة محددة = ID_E=interrupting device events during reporting period عدد مرا ت الإنقطاعات خلال فترة التقرير = $CNT_{K>n}$= total number of customers who have experienced more than n sustained interruptions and momentary interruption events during the reporting period العدد الكلى للمشتركين المتعرضين لعدد إنقطاعات مستمرة و لحظية= أكبر من n إنقطاعات خلال دورة التقرير K=number of interruptions experienced by an individual customer in the reporting period عدد الإنقطاعات التى يتعرض لها المشتركين خلال دورة التقرير =	(int/y)	$MAIFI = \frac{\sum ID_i N_i}{N_T}$ = مجموع عدد المشتركين المقطوع عنهم الخدمة لحظيا / إجمالىعدد للمشتركين
	(int/y)	$MAIFI_E = \frac{\sum ID_E N_i}{N_T}$ = إجمالىعدد مرات الإنقطاع اللحظى عن المشتركين / إجمالىعدد للمشتركين
	(int/y)	$CEMSMI_n = \frac{CNT_{k>n}}{N_T}$ = إجمالىعدد للمشتركين المتعرضين لإنقطاعات أكبر من n مرة / إجمالىعدد للمشتركين

جدول (5-12) العلاقة بين مؤشرات إعتمادية النظام و مؤشرات إعتمادية الحمل

المؤشر	المعادلة
SAIFI (int./y.cust)	$\frac{\sum \lambda N}{\sum N}$
SAIDI (hr/y.cust)	$\frac{\sum UN}{\sum N}$
ASAI	$\frac{N(8760) - \sum \lambda r}{N(8760)}$

حيث

N=number of customers

= عدد المشتركين

مؤشرات فعالية الإعتمادية Reliability Performance Indices

يتم حساب مؤشرات فعالية الإعتمادية بإستخدام بيانات الصيانة و التشغيل الآتية و الموضحة فى شكل (5-3)

PH =Period hours

= ساعات دورة التشغيل

AH =System available hours

= ساعات إتاحية النظام

SH = System operating service hours

= ساعات تشغيل النظام

RSH=Reserve standby hours

=الساعات الإحتياطية المدخرة

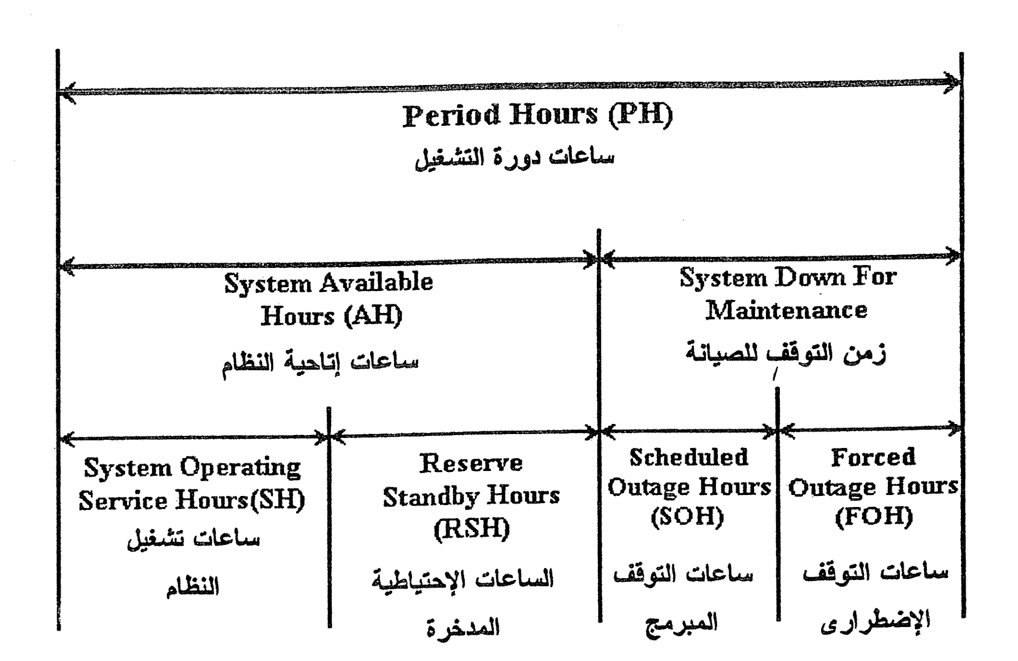
SOH=Scheduled outage hours

= ساعات التوقف المبرمج

FOH=Forced outage hours

= ساعات التوقف الإضطرارى

و يوضح جدول (5-13) تعريف مؤشرات فعالية الإعتمادية و معادلات حساب هذه المؤشرات .



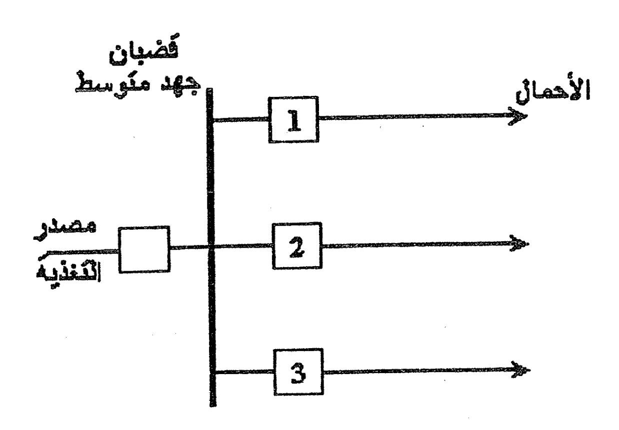
شكل (3-5) أزمنة التشغيل و الصيانة

جدول (5-13) مؤشرات فعالية الإعتمادية

المؤشر	التعريف	المعادلة
دورة الطلب (POD) Period of demand	مقياس الزمن المخطط للتشغيل (بوحدة الساعات)	POD=RH-RSH-SOH
عامل الإتاحية (AF,%) Availability Factor	مقياس مقدرة الوحدة (آلة /ماكينة/مولد ....) على العمل و الذى يتأثر بكل من الصيانة المبرمجة وغير المبرمجة (بوحدة النسبة المئوية)	$AF = \frac{(PH - SOH - FOH)}{PH} * 100$
معدل التوقف الإضطرارى (FOR,%) Forced outage rate	مقياس جزء من زمن التوقف نتيجة العوامل غير المخطط لها.	$FOR = \frac{FOH}{(SH + FOH)} * 100$
عامل التوقف المبرمج (SOF,%) Scheduled outage factor	نسبة زمن الصيانة المبرمجة منسوبة لساعات دورة التشغيل	$SOF = \frac{SOH}{PH} * 100$
عامل الخدمة (SF,%) Service Factor	نسبة ساعات تشغيل النظام منسوبة لساعات دورة التشغيل	$SF = \frac{SH}{PH} * 100$
متوسط الزمن بين الإنقطاعات الإضطرارية (MTBFO) Mean time between forced outages	مقياس الزمن الأسمى بين التوقفات الإضطرارية غير المبرمجة	$MTBFO = \frac{SH}{NF}$
متوسط زمن التوقف (MDT) Mean down time	مقياس الفترة الإسمية لتوقف الوحدة خلال أحداث الصيانة	$MDT = \frac{SOH + FOH}{NF + NP}$

NF=Number of forced outages
= عدد التوقفات الإضطرارية
NP=Number of plant outages
= عدد توقفات المحطة

مثال 1



للمغذى رقم 1 سجلت بيانات الإنقطاعات خلال عام 1994 و الموضحة فى جدول (أ)
إحسب مؤشرات الإعتمادية الآتية للمغذى 1 بإعتباره نظام:

SAIFI, SAIDI, CAIDI
CATAIDI, CAIFI, ASAI, ASIFI
$CEMEI_5$,MAIFI ,$MAIFI_E$,$CEMSMI_5$

جدول (أ) البيانات الأساسية المسجلة لإنقطاعات مغذى (1)

التاريخ	N عدد المشتركين المنقطع عنهم الخدمة	القدرة المفصولة (KVA)	فترة الإنقطاع (min)	نوع الإنقطاع
7/3	200	800	8.17	مستمر
15/4	400	1600	0.5	لحظى
5/5	600	1800	71.3	مستمر
12/6	25	75	30.3	مستمر
6/7	2000	400	–	لحظى
20/8	90	500	267.2	مستمر
31/8	700	2100	120	مستمر
3/9	1500	3000	10	مستمر
27/10	100	200	40	مستمر

NT = إجمالى عدد المشتركين
= 2000 cust.

CN = العدد الكلى للمشتركين المتعرضين لإنقطاع مستمر
=1800 cust.

L_T = إجمالى القدرة (KVA) الفعلية المتصلة بالشبكة
=4000 KVA

ID_i = عدد مرات تشغيل أجهزة القطع

ID_E = عدد مرات الإنقطاعات

$CN_{k>n}$ =إجمالى عدد المشتركين المتعرضين لإنقطاعات مستمرة أكثر من n مرة=350

$CNT_{k>n}$ = العدد الكلى للمشتركين المتعرضين لعدد إنقطاعات مستمرة=750

و لحظية أكبر من n إنقطاع

n =5

جدول(ب)تشغيل أجهزة القطع للمغذى (1)

التاريخ	أجهزة القطع	عدد مرات التشغيل
15/4	C.B	2
6/7	Recl.	3
2/8	C.B	1
2/8	C.B	2
2/8	Recl.	2
25/8	Recl.	2
2/9	C.B	2
5/9	Recl.	3
8/9	C.B	1
2/10	Recl.	1
12/11	Recl.	1

جهاز إعادة التوصيل= .Recl قاطع التيار=C.B

الحل :

تم حساب ΣN &ΣNr &ΣL &ΣLr للإنقطاعات المستمرة و سجلت بجدول (ج)

جدول (ج) بيانات الإنقطاعات المستمرة للدائرة

Lr	L القدرة المقطوعة (KVA)	Nr (دقيقة)	r فترة الإنقطاع (دقيقة)	N عدد المشتركين المنقطع عنهم الخدمة	التاريخ
6536	800	1634	8.17	200	7/3
128340	1800	42780	71.3	600	5/5
2272.5	75	757.5	30.3	25	12/6
133600	500	24048	267.7	90	20/8
252000	2100	84000	120	700	31/8
30000	3000	15000	10	1500	3/9
8000	200	4000	40	100	27/10
Σ Lr=560748.5	ΣL=8475	ΣNr=172219.5		ΣN=3215	الإجمالى

أولا : مؤشرات الإنقطاعات المستمرة- المعتمدة على بيانات المشتركين

$$SAIFI = \frac{\sum N}{N_T} = \frac{3215}{2000} = 1.6075 \qquad \text{int/ y.cust.}$$

$$SAIDI = \frac{\sum Nr}{N_T} = \frac{172219.5}{2000} = 86.11 \qquad \text{min/ y.cust.}$$

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{86.11}{1.6075} = 53.567 \qquad \text{min/ int.}$$

$$CTAIDI = \frac{\sum Nr}{CN} = \frac{172219.5}{1800} = 95.677 \qquad \text{min/ y}$$

$$CAIFI = \frac{\sum N}{CN} = \frac{3215}{1800} = 1.786 \qquad \text{int/ y}$$

$$ASAI = \frac{N_T(No.of\ h/y) - \sum Nr}{N_T(No.of\ h/y)}$$

$$= \frac{2000 * 8760 - (172219.5/60)}{2000 * 8760} = 0.999836$$

$$CEMI_5 = \frac{CN_{k>n}}{N_T} = \frac{350}{2000} = 0.175 \qquad \text{int/ y}$$

ثانيا: مؤشرات الإنقطاعات المستمرة المعتمدة على بيانات الأحمال

$$ASIFI = \frac{\sum L}{L_T}$$

$$= \frac{8475}{4000} = 2.119 \qquad int/y.cust$$

$$ASIDI = \frac{\sum Lr}{L_T}$$

$$= \frac{560748.5}{4000} = 140.187 \qquad h/y.cust.$$

ثالثا: مؤشرات الإنقطاعات اللحظية

عرض جدول (ب) أجهزة القطع و عدد مرات تشغيلها لكل حالة إنقطاع.

يراعى أن:

- عند إشتغال قاطع التيار (C.B) تفصل التغذية عن جميع المشتركين و عددهم 2000
- عند إشتغال جهاز إعادة التوصيل (Recloser) تنفصل التغذية عن 750مشترك

من جدول (ب) نجد أن

عدد مرات تشغيل أجهزة القطع=ID_i

عدد مرات الإنقطاعات=ID_E

- فى حالة إشتغال CB فإن

$ID_i=8$
$ID_E=5$

- فى حالة إشتغال .recl فإن

$ID_i=12$
$ID_E=6$

و عليه فإن مؤشرات الإنقطاعات اللحظية تكون

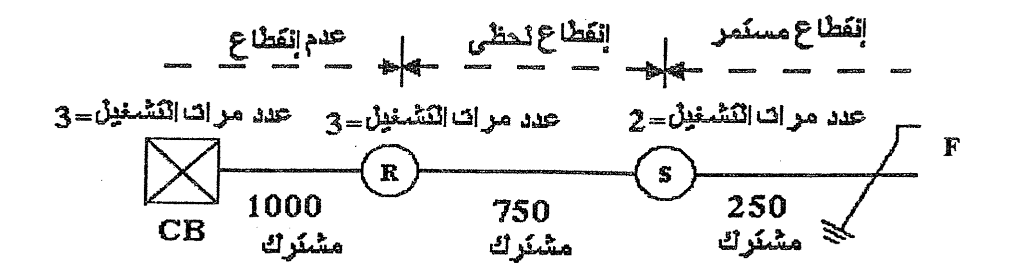
$$MAIFI = \frac{\sum ID_i N}{N_T} = \frac{8*2000+12*750}{2000} = 12.5 \qquad int/y$$

$$MAIFI_E = \frac{\sum ID_E N}{N_T} = \frac{5*2000+6*750}{2000} = 7.25 \qquad int/y$$

$$CEMSMI_5 = \frac{750}{2000} = 0.375 \qquad int/y$$

مثال 2

مغذى يغذى 2000 مشترك كما فى الشكل التالى



C.B=circuit breaker=قاطع التيار

R =recloser =جهاز إعادة التوصيل

S =sectionalizer =قطاعى

F =fault =عطل (قصر)

إحسب المؤشرات **$MAIFI_E$&MAIFI&SAIFI**

الحل:

N_i=عدد المشتركين المتعرضين لإنقطاع مستمر=250

=عدد المشتركين المتعرضين لإنقطاع لحظى=750

$N_T=2000$

$ID_i=2$

$ID_E=1$

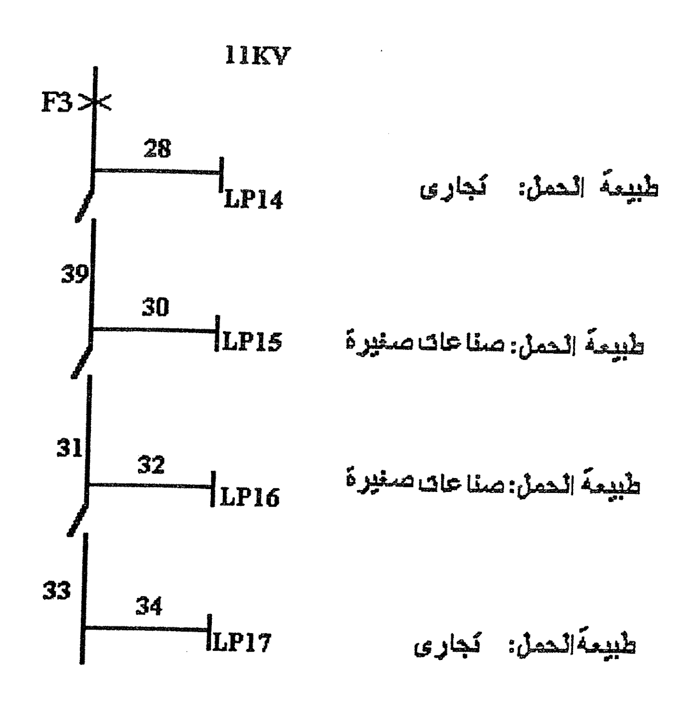
$$SAIFI=\frac{N_i}{N_T}=\frac{250}{2000}=0.125 \quad int./y.cust$$

$$MAIFI=\frac{ID_i N_i}{N_T}=\frac{2*750}{2000}=0.75 \quad int./y$$

$$MAIFI_E=\frac{ID_E N_i}{N_T}=\frac{1*750}{2000}=0.375 \quad int./y$$

مثال (3):

لجزء الشبكة الموضح بشكل (4-5) أحسب : مؤشرات مواضع الأحمال و مؤشرات النظام للمغذى رقم F3 – و يوضح جدول (أ) بيانات موضع الأحمال



شكل (4-5) مغذى F3 و طبيعة نشاط مواضع الأحمال

جدول (أ) مؤشرات مواضع الأحمال للمثال رقم (3)

مواضع الأحمال	N عدد المشتركين	λ (int/y)	r (h/int)	U=λ .r (h/y)	λN	UN	متوسط الحمل KW	Kwh/yr (kw)(h/y)	Ecost ($/y)
LP14	10	0.2275	2.54	0.58	2.275	5.3	469.7	271.7	7362
LP15	1	0.2372	3.52	0.84	0.2372	0.84	1639.1	1369.1	9990
LP16	1	0.2405	4.19	1.01	0.2405	1.01	902.5	909.3	6505
LP17	10	0.2275	5.00	1.14	2.275	11.4	469.7	534.3	13607
الإجمالى	22	0.9327	3.83	3.57	5.0277	19.05		3084.4	37464

الحل

جدول(ب) مؤشرات النظام لمثال رقم (3)

قيمة المؤشر	المعادلة	المؤشر
0.2285	$\frac{\sum \lambda N}{\sum N}$	SAIFI (int/y.cust)
0.8659	$\frac{\sum UN}{\sum N}$	SAIDI (h/y.cust)
3.7895	$\frac{SAIDI}{SAIFI}$	CAIDI (h/int)
3084.4	$\sum Kwh / y$	Kwh/y
140.2	$\frac{\sum kwh / y}{N}$	AENS (kwh/y .cust)
0.9998	$\frac{N(8760) - \sum \lambda r}{N(8760)}$	ASAI
37464	$\sum E\cos t$	Ecost ($/y)

مثال (4):

يوضح شكل (5-5) شبكة تشمل جهد عالى (HV) و جهد متوسط (MV) و جهد منخفض (LV) ، و أحمال متعددة تتغذى من هذه الجهود

يوضح جدول (أ) البيانات الأساسية للأحمال

بفرض حدوث الأعطال الأتية و الموضحة بالمواضع فى شكل (5-5):

F1 عطل على شبكة الجهد العالى

F4&F3 &F2 أعطال على شبكة الجهد المتوسط

F5 عطل على شبكة الجهد المنخفض

إحسب مؤشرات الإعتمادية λ & r & U للأحمال فى الحالات الآتية:

أولا: مؤشرات مشتركى الجهد المنخفض عند حدوث أعطال الجهد العالى و الجهد المتوسط

ثانيا: مؤشرات مشتركى الجهد المنخفض عند حدوث عطل على شبكة الجهد المنخفض

ثالثا: مؤشرات مشتركى الجهد المتوسط عند حدوث أعطال الجهد العالى و الجهد المتوسط

رابعا: مؤشرات جميع المشتركين عند حدوث أعطال الجهد العالى و الجهد المتوسط

خامسا: مؤشرات جميع المشتركين عند حدوث عطل على شبكة الجهد المنخفض

سادسا: المؤشرات الكلية لجميع المشتركين عند حدوث أعطال الجهد العالى و الجهد المتوسط و الجهد المنخفض.

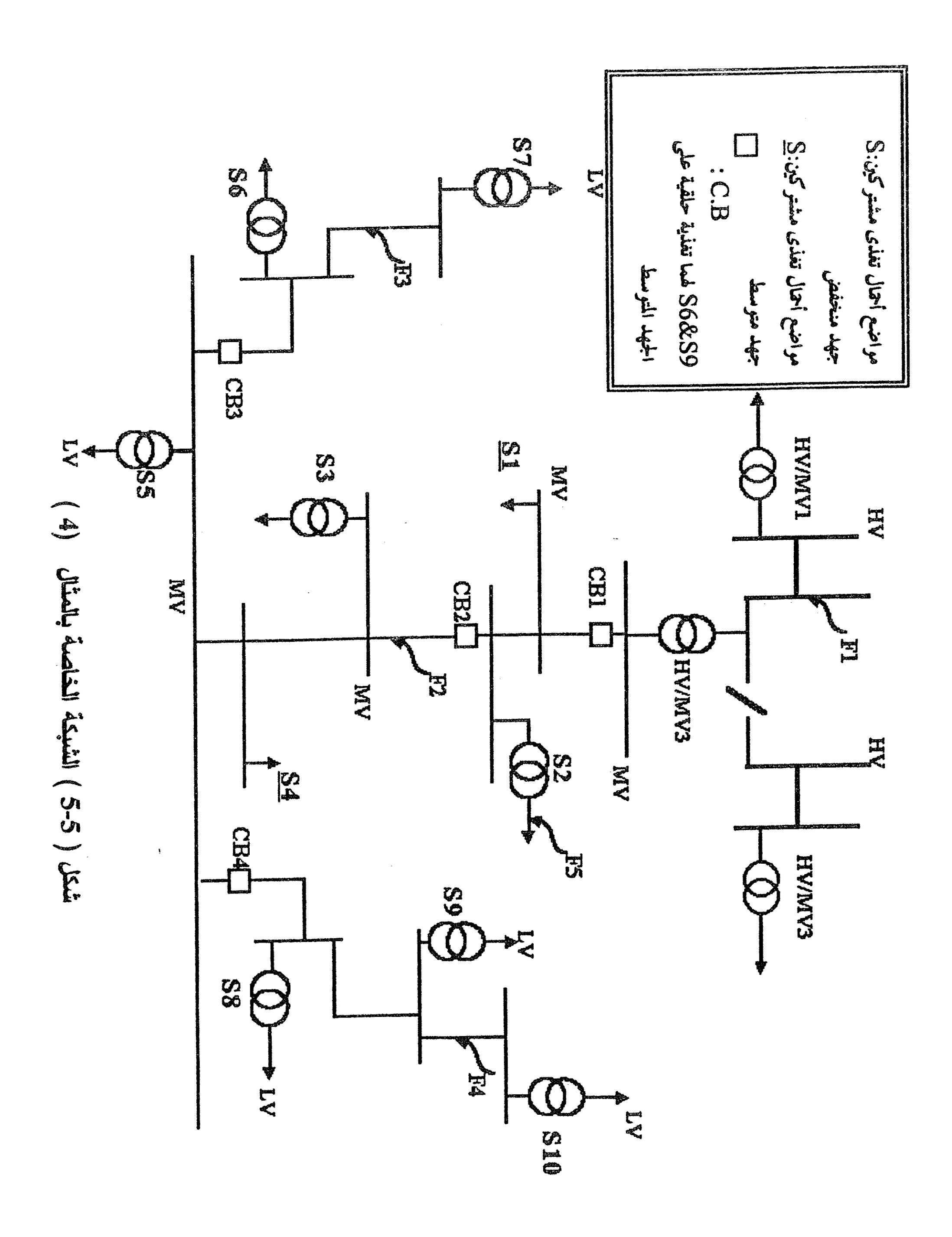
على أن تتم الحسابات بالطرق التالية:

- بمعلومية عدد المشتركين
- بمعلومية بيانات الأحمال
- بمعلومية عدد المحطات الفرعية أو عدد المحولات

جدول (أ) البيانات الأساسية للأحمال

عدد المحولات	عدد المشتركين و الجهد	القدرة KVA	مواضع الأحمال (المشتركين)
1	1 HV	1000	HV/MV1
1	--	6000	HV/MV2
1	1 HV	5000	HV/MV3
1	1 MV	400	S1
1	30 LV	250	S2
1	25 LV	200	S3
1	1 MV	250	S4
1	20 LV	150	S5
1	10 LV	50	S6
1	10 LV	50	S7
1	15 LV	250	S8
1	10 LV	50	S9
1	10 LV	50	S10

HV: high voltage
MV: medium voltage
LV: Low voltage



شكل (5-5) الشبكة الخاصة بالمثال (4)

الحل :

بدراسة الشبكة بشكل (5-5) تلاحظ أن

الأعطال التى تعرضت لها الشبكة طبقا للمواضع الموضحة بالشكل تفصيلها كمـــا فـــى

جدول(ب)

جدول (ب) وصف الأعطال و تأثيرها

العطل	مستوى جهد الشبكة	التأثير
F1	HV	يفصل التغذية عن جميع أحمال الجهد المتوسط و المنخفض: S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8,S9,S10
F2	MV	يفصل القاطع CB2 و بالتالى يفصل التغذية عن الأحمال: S3,S4,S5,S6,S7,S8,S9,S10
F3	MV	يفصل القاطع CB٣ و بالتالى يفصل التغذية عن الأحمال: S6,S7
F4	MV	يفصل القاطع CB4 و بالتالى يفصل التغذية عن الأحمال: S8,S9,S10
F5	LV	يفصل التغذية عن S2

1-حساب مؤشرات الإعتمادية بمعلومية عدد المشتركين

أولا: مؤشرات إعتمادية مشتركى الجهد المنخفض عند حدوث أعطال الجهد العـــالى و

الجهد

المتوسط أى الأعطال F1&F2&F3&F4

يوضح الجدولين (ج) & (د) خطوات و حساب هذه المؤشرات

جدول(ج) حساب مؤشرات الإعتمادية لمشتركى الجهد المنخفض بمعلومية عدد المشتركين (الرجوع إلى جدول 6-5)
الناتجة من الأعطال F4&F3&F2&F1

F4		F3		F2		F1		عدد المشتركين Ni	مواضع أحمال الجهد المنخفض
N_it_i	t_i (in h)	N_it_i	t_i (in h)	N_it_i	t_i (in h)	N_it_i	t_i (in h)		
---	---	---	---	---	---	12	0.4	30	S2
---	---	---	---	22.5	0.9	10	0.4	25	S3
---	---	---	---	18.0	0.9	8	0.4	20	S5
---	---	10	1.0	9.0	0.9	4	0.4	10	S6
---	---	25	2.5	30	3.0	4	0.4	10	S7
15	1.0	---	---	30	2.0	6	0.4	15	S8
25	2.5	---	---	20	2.0	4	0.4	10	S9
25	2.5	---	---	40	4.0	4	0.4	10	S10
$\sum N_i = 35$ $\sum N_it_i = 65$		$\sum N_i = 20$ $\sum N_it_i = 35$		$\sum N_i = 100$ $\sum N_it_i = 169.5$		$\sum N_i = 130$ $\sum N_it_i = 52$		130	

جدول (د)

العطل	$\sum N_i$	$\sum N_i t_i$
F1	130	52
F2	100	169.5
F3	20	35
F4	35	65
المجموع	285	321.5

و على ذلك فإن

إجمالى عدد المشتركين المتصلين بالمصدر= Ns

$= 130$

$\sum N_i = 285$

$\sum N_i t_i = 321.5$

و بحساب مؤشرات الإعتمادية لمشتركى الجهد المنخفض بمعلومية عدد المشتركين و اللذين تعرضوا للأعطال F4&F3&F2&F1 فإن:

تكرار العطل =λ

$$= \frac{\sum N_i}{N_s} = \frac{285}{130} = 2.19 \quad int/y \qquad \rightarrow (1)$$

فترة الإنقطاع =r

$$= \frac{\sum N_i t_i}{\sum N_i} = \frac{321.5}{285} = 1.12 \quad h/int \qquad \rightarrow (2)$$

عدم إتاحية المصدر=U

$$= \frac{\sum N_i t_i}{N_s} = \frac{321.5}{130} = 2.47 \quad h/y \qquad \rightarrow (3)$$

ثانيا : مؤشرات مشتركى الجهد المنخفض عند حدوث عطل علـــى شـــبكة الجهد المنخفض (أى حدوث العطل F5)

من جدول (ب) فإن العطل F5 يفصل التغذية عن موضع الحمل S2 فقط

$N_i=30 \quad \& \quad t_i= 2\ h \quad \& \quad N_s=130$

$\therefore \sum N_i t_i = 60$

و عليه فإن مؤشرات الإعتمادية لمشتركى الموضع S2 تكون :

$$\lambda = \frac{\sum N_i}{N_s} = \frac{30}{130} = 0.23 \quad int/\ y \quad \rightarrow \quad (4)$$

$$r = \frac{\sum N_i t_i}{\sum N_i} = \frac{60}{30} = 2.0 \quad h / int \quad \rightarrow \quad (5)$$

$$U = \frac{\sum N_i t_i}{N_s} = \frac{60}{130} = 0.46 \quad h / y \quad \rightarrow \quad (6)$$

- **مؤشرات إعتمادية مشتركى الجهد المنخفض نتيجة حدوث جميـــع الأعطال**

من نتائج مؤشرات البنود أولا&ثانيا نحصل على مؤشرات الإعتمادية للمشتركين على

الجهد المنخفض نتيجة حدوث أعطال الجهد العـــالى و المتوســـط و المـــنخفض كالآتى:

جدول (هـ)

$\sum N_i t_i$	$\sum N_i$	العطل
321.5	285	F1,F2,F3,F4
60	30	F5
381.5	315	المجموع

$$\lambda = \frac{\sum N_i}{N_s} = \frac{315}{130} = 2.42 \qquad int/y \rightarrow (7)$$

$$r = \frac{\sum N_i t_i}{\sum N_i} = \frac{381.5}{315} = 1.21 \qquad h/int \rightarrow (8)$$

$$U = \frac{\sum N_i t_i}{N_s} = \frac{381.5}{130} = 2.93 \qquad h/y \rightarrow (9)$$

ثالثا: مؤشرات الإعتمادية

لمشتركى الجهد المتوسط عند حدوث أعطال الجهد العالى و المتوسط

من جدول (أ) فإن مواضع أحمال الجهد المتوسط هى S4&S1 و من جدول (ب) نجد أن:

- يؤدى العطل F1 إلى فصل الحملين S4&S1
- يؤدى العطل F2 إلى فصل الحمل S4

جدول (و)

موضع حمل الجهد المتوسط	عدد المشتركين Ni	F1 t_i (in h)	F1 N_it_i	F2 t_i (in h)	F2 N_it_i
S1	1	0.4	0.4	0.0	0.0
S4	1	0.4	0.4	0.9	0.9
		$\sum N_i = 2$	$\sum N_it_i = 0.8$	$\sum N_i = 1$	$\sum N_it_i = 0.9$

جدول (س)

العطل	$\sum N_i$	$\sum N_it_i$
F1	2	0.8
F4	1	0.9
المجموع	3	1.7

و على ذلك فإن

$$\sum N_i = 3$$

$$\sum N_i t_i = 1.7$$

$N_s = 2 =$ عدد مشتركى الجهد المتوسط

$$\therefore \lambda = \frac{\sum N_i}{N_s} = \frac{3}{2} = 1.5 \qquad int./y \qquad \rightarrow (10)$$

$$r = \frac{\sum N_i t_i}{\sum N_i} = \frac{1.7}{3} = 0.57 \qquad h/int. \qquad \rightarrow (11)$$

$$U = \frac{\sum N_i t_i}{N_s} = \frac{1.7}{2} = 0.85 \qquad h/y \qquad \rightarrow (12)$$

رابعا : مؤشرات جميع المشتركين عند حدوث أعطال الجهد العالى و المتوسط

يوضح الجدولين (ص) &(ض) خطوات و حساب مؤشرات جميع المشتركين عند حدوث أعطال الجهد العالى و الجهد المتوسط (F1,F2,F3,F4).

جدول(ص) حساب مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين بمعلومية عدد المشتركين , الناتجة عن الأعطال F4,F3,F2,F1

F4		F3		F2		F1		عدد المشتركين Ni	مواضع الأحمال (المشتركين)
N_it_i	t_i (in h)	N_it_i	t_i (in h)	N_it_i	t_i (in h)	N_it_i	t_i (in h)		
---	---	---	---	---	---	0.4	0.4	1	S1
---	---	---	---	---	---	12	0.4	30	S2
---	---	---	---	22.5	0.9	10	0.4	25	S3
---	---	---	---	0.9	0.9	0.4	0.4	1	S4
---	---	---	---	18.0	0.9	8	0.4	20	S5
---	---	10	1.0	9.0	0.9	4	0.4	10	S6
---	---	25	2.5	30	3.0	4	0.4	10	S7
15	1.0	---	---	30	2.0	6	0.4	15	S8
25	2.5	---	---	20	2.0	4	0.4	10	S9
25	2.5	---	---	40	4.0	4	0.4	10	S10
$\sum N_i = 35$ $\sum N_it_i = 65$		$\sum N_i = 20$ $\sum N_it_i = 35$		$\sum N_i = 101$ $\sum N_it_i = 170.4$		$\sum N_i = 132$ $\sum N_it_i = 52.8$		132	

جدول (ض)

العطل	$\sum N_i$	$\sum N_i t_i$
F1	132	52.8
F2	101	170.4
F3	20	35
F4	35	65
المجموع	288	323.2

و على ذلك فإن

$$N_s = 132$$
$$\sum N_i = 288$$
$$\sum N_i t_i = 323.2$$

و بحساب مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين اللذين تعرضوا لأعطال الجهد العالى و الجهد المتوسط نحصل على:

$$\lambda = \frac{\sum N_i}{N_s} = \frac{288}{132} = 2.18 \qquad \text{int./y} \qquad \rightarrow (13)$$

$$r = \frac{\sum N_i t_i}{\sum N_i} = \frac{323.2}{288} = 1.12 \qquad \text{h/int.} \qquad \rightarrow (14)$$

$$U = \frac{\sum N_i t_i}{N_s} = \frac{323.2}{132} = 2.45 \qquad \text{h/y} \qquad \rightarrow (15)$$

خامسا: مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين عند حدوث عطل على شبكة الجهد المنخفض (أى عند حدوث العطل F5)

من جدول (ب) فإن العطل F5 يفصل التغذية عن موضع الحمل S2 فقط , أى أن :

$N_i = 30 \quad \& \, t_i = 2h \quad \& \, N_s = 132 \quad \& \sum N_i t_i = 60$

و عليه فإن مؤشرات الإعتمادية لموضع الحمل S2 تكون

$$\lambda = \frac{\sum N_i}{N_s} = \frac{30}{132} = 0.23 \qquad int./y \qquad \rightarrow (16)$$

$$r = \frac{\sum N_i t_i}{\sum N_i} = \frac{60}{30} = 2 \qquad h/int. \qquad \rightarrow (17)$$

$$U = \frac{\sum N_i t_i}{N_s} = \frac{60}{132} = 0.45 \qquad h/y \qquad \rightarrow (18)$$

● مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين نتيجة حدوث جميع الأعطال

من نتائج مؤشرات البنود رابعا و خامسا نحصل على مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين نتيجة حدوث الأعطال F1,F2,F3,F4,F5 كالآتى:

جدول (ع)

العطل	$\sum N_i$	$\sum N_i t_i$
F1,F2,F3,F4	288	323.2
F5	30	60
المجموع	318	383.2

$N_s = 132$

$$\lambda = \frac{\sum N_i}{N_s} = \frac{318}{132} = 2.41 \qquad int./y \qquad \rightarrow (19)$$

$$r = \frac{\sum N_i t_i}{\sum N_i} = \frac{383.2}{318} = 1.21 \qquad h/int. \qquad \rightarrow (20)$$

$$U = \frac{\sum N_i t_i}{N_s} = \frac{383.2}{132} = 2.9 \qquad h/y \qquad \rightarrow (21)$$

جدول(غ) ملخص نتائج حساب مؤشرات الإعتمادية بمعلومية عدد المشتركين

الحالة	تأثير أعطال الجهد العالى و المتوسط			تأثير عطل شبكة الجهد المنخفض			تأثير جميع الأعطال		
	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U
مشتركى الجهد المنخفض	2.19	1.12	2.47	0.23	2	0.46	2.42	1.21	2.93
مشتركى الجهد المتوسط	1.5	0.57	0.85	---	---	---	---	---	---
جميع المشتركين	2.18	1.12	2.45	0.23	2	0.45	2.41	1.21	2.9

λ in int/y
r in h/int
U in h/y

2-حساب مؤشرات الإعتمادية بمعلومية بيانات الأحمال

سنتعرض لحالة واحدة هي:

" حساب مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين نتيجة حدوث جميع الأعطال"

للحصول على هذه المؤشرات تحسب على جزئين :

الأول بحساب تأثير الأعطال F1&F2&F3&F4 كما فى جدول (ل) ثم حساب تأثير العطل F5

جدول (ل) حساب مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين بمعلومية بيانات الأحمال

مواضع الأحمال (المشتركين)	الأحمال I_i (KVA)	F1		F2		F3		F4	
		t_i (in h)	I_it_i	t_i (in h)	I_it_i	t_i (in h)	I_it_i	t_i (in h)	I_it_i
S1	400	0.4	160	---	---	---	---	---	---
S2	250	0.4	100	---	---	---	---	---	---
S3	200	0.4	80	0.9	180	---	---	---	---
S4	250	0.4	100	0.9	225	---	---	---	---
S5	150	0.4	60	0.9	135	---	---	---	---
S6	50	0.4	20	0.9	45	1.0	50	---	---
S7	50	0.4	20	3.0	150	2.5	125	---	---
S8	100	0.4	40	2.0	200	---	---	1.0	100
S9	50	0.4	20	2.0	100	---	---	2.5	125
S10	50	0.4	20	4.0	200	---	---	2.5	125
	1550	$\sum I_i = 1550$ $\sum I_it_i = 620$		$\sum I_i = 900$ $\sum I_it_i = 1235$		$\sum I_i = 100$ $\sum I_it_i = 175$		$\sum I_i = 200$ $\sum I_it_i = 350$	

جدول(ك)

العطل	$\sum I_i$	$\sum I_i t_i$
F1	1550	620
F2	900	1235
F3	100	175
F4	200	350
المجموع	2750	2380

$L_s = 1550$

$\sum I_i = 2750$

$\sum I_i t_i = 2380$

و تكون مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين اللذين تعرضوا لأعطال الجهد العالى و الجهد المتوسط هى:

$$\lambda = \frac{\sum I_i}{L_s} = \frac{2750}{1550} = 1.77 \qquad int./y \qquad \rightarrow (22)$$

$$r = \frac{\sum I_i t_i}{\sum I_i} = \frac{2380}{2750} = 0.87 \qquad h/int. \qquad \rightarrow (23)$$

$$U = \frac{\sum I_i t_i}{L_s} = \frac{2380}{1550} = 1.54 \qquad h/y \qquad \rightarrow (24)$$

- حساب مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين عند حدوث عطل على شبكة الجهد المنخفض (F5)

من جدول (ب) فإن العطل F5 يفصل التغذية عن موضع الحمل S2 فقط.

$I_i = 250 \qquad t_i = 2h \qquad L_s = 1550 \qquad \sum I_i t_i = 500$

و تكون مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين اللذين تعرضوا لعطل الجهد المنخفض F5 هي :

$$\lambda = \frac{\sum I_i}{L_s} = \frac{250}{1550} = 0.16 \qquad int./y \qquad \rightarrow (25)$$

$$r = \frac{\sum I_i t_i}{\sum I_i} = \frac{500}{250} = 2.0 \qquad h/int. \qquad \rightarrow (26)$$

$$U = \frac{\sum I_i t_i}{L_s} = \frac{500}{1550} = 0.32 \qquad h/y \qquad \rightarrow (27)$$

- مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين نتيجة حدوث جميع الأعطال:

من البيانات السابقة نحصل على جدول (م)

جدول (م)

$\sum I_i t_i$	$\sum I_i$	العطل
2380	2750	F1,F2,F3,F4
500	250	F5
2880	3000	المجموع

$L_s = 1550$

$$\lambda = \frac{\sum I_i}{L_s} = \frac{3000}{1550} = 1.94 \qquad int./y \qquad \rightarrow (28)$$

$$r = \frac{\sum I_i t_i}{\sum I_i} = \frac{2880}{3000} = 0.96 \qquad h/int. \qquad \rightarrow (29)$$

$$U = \frac{\sum I_i t_i}{L_s} = \frac{2880}{1550} = 1.86 \qquad h/y \qquad \rightarrow (30)$$

3- حسابات مؤشرات الإعتمادية بمعلومية عدد المحولات

سنتعرض لحالة هى:

"حساب مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين نتيجة حدوث جميع الأعطال "

للحصول على هذه المؤشرات تحسب على جزئين:

الأول , بحساب تأثير الأعطال F1,F2,F3,F4 كما فى جدول (ن) ثـم حسـاب تـأثير العطل F5.

جدول (ن) حساب مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين بمعلومية بيانات عدد المحولات

مواضع الأحمال (المشتركين)	عدد المحولات S_i	F1		F2		F3		F4	
		t_i (in h)	S_it_i	t_i (in h)	S_it_i	t_i (in h)	S_it_i	t_i (in h)	S_it_i
S1	1	0.4	0.4	---	---	---	---	---	---
S2	1	0.4	0.4	---	---	---	---	---	---
S3	1	0.4	0.4	0.9	0.9	---	---	---	---
S4	1	0.4	0.4	0.9	0.9	---	---	---	---
S5	1	0.4	0.4	0.9	0.9	---	---	---	---
S6	1	0.4	0.4	0.9	0.9	1	1	---	---
S7	1	0.4	0.4	3.0	3.0	2.5	2.5	---	---
S8	1	0.4	0.4	2.0	2.0	---	---	1	1
S9	1	0.4	0.4	2.0	2.0	---	---	2.5	2.5
S10	1	0.4	0.4	4.0	4.0	---	---	2.5	2.5
	10								

جدول(ف)

العطل	$\sum S_i$	$\sum S_i t_i$
F1	10	4
F2	8	14.6
F3	2	3.5
F4	3	6
المجموع	23	28.1

$S_s = 10$

$\sum S_i = 23$

$\sum S_i t_i = 28.1$

و تكون مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين اللذين تعرضوا لأعطال الجهد العالى و الجهد المتوسط هى:

$$\lambda = \frac{\sum S_i}{S_s} = \frac{23}{10} = 2.3 \qquad \text{int./y} \qquad \rightarrow (31)$$

$$r = \frac{\sum S_i t_i}{\sum S_i} = \frac{28.1}{23} = 1.22 \qquad \text{h/int.} \qquad \rightarrow (32)$$

$$U = \frac{\sum S_i t_i}{S_s} = \frac{28.1}{10} = 2.81 \qquad \text{h/y} \qquad \rightarrow (33)$$

- **حساب مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين عند حدوث عطل على شبكة الجهد المنخفض (F5).**

من جدول (ب) فإن العطل F5 يفصل التغذية عن موضع الحمل S2 فقط.

$S_i = 1 \qquad t_i = 2h \qquad S_s = 10 \qquad \sum S_i t_i = 2$

و تكون مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين اللذين تعرضوا لعطل الجهد المنخفض F5 هي:

$$\lambda = \frac{\sum S_i}{S_s} = \frac{1}{10} = 0.1 \qquad int./y \qquad \rightarrow (34)$$

$$r = \frac{\sum S_i t_i}{\sum S_i} = \frac{2}{1} = 2.0 \qquad h/int. \qquad \rightarrow (35)$$

$$U = \frac{\sum S_i t_i}{S_s} = \frac{2}{10} = 0.2 \qquad h/y \qquad \rightarrow (36)$$

● مؤشرات الإعتمادية لجميع المشتركين نتيجة حدوث جميع الأعطال

من البيانات السابقة نحصل على جدول (ق)

جدول (ق)

العطل	$\sum S_i$	$\sum S_i t_i$
F1,F2,F3,F4	23	28.1
F5	1	2
المجموع	24	30.1

$S_s = 10$

$$\lambda = \frac{\sum S_i}{S_s} = \frac{24}{10} = 2.4 \qquad int./y \qquad \rightarrow (37)$$

$$r = \frac{\sum S_i t_i}{\sum S_i} = \frac{30.1}{24} = 1.25 \qquad h/int. \qquad \rightarrow (38)$$

$$U = \frac{\sum S_i t_i}{S_s} = \frac{30.1}{10} = 3.01 \qquad h/y \qquad \rightarrow (39)$$

يوضح جدول (ط)مقارنة بين نتائج الحساب بالطرق الثلاثة فى حالة الأخذ فى الأعتبار جميع المشتركين اللذين تعرضوا لجميع الأعطال.

جدول (ط) مقارنة مؤشرات الإعتمادية الناتجة من الحساب بمعلومية عدد المشتركين & بيانات الأحمال &عدد المحولات

المؤشرات	الوحدة	بمعلومية عدد المشتركين	بمعلومية بيانات الأحمال	بمعلومية عدد المحولات
λ (تكرار العطل)	int/y	2.91	1.94	2.4
r (فترة الإنقطاع)	h/int	1.21	0.96	1.25
U (عدم إتاحية المصدر)	h/y	2.9	1.86	3.01

و يتضح من هذه النتائج :

"إختلاف قيم المؤشرات تبعا لطريقة الحساب"

الباب السادس

الحساب الكمى لمؤشرات الأعتمادية

Computation of Quantitative Reliability Indices

طريقة أدنى مجموعة فصل (Minimal cut-sets method)

لتطبيق هذه الطريقة , يتم أولا حساب : التكرار (frequency) , و الفترة المتوقعة (expected duration) و زمن التوقف المتوقع (expected down time) فى السنة لكل أدنى مجموعة فصل .و يلاحظ أن زمن التوقف المتوقع فى السنة يكون حاصل ضرب التكرار (معبرا عن الحدث فى السنة) فى الفترة المتوقعة. إذا تم التعبير عن الفترة المتوقعة بالسنوات , فإن وحدة زمن التوقف المتوقع يكون بالسنوات لكل سنة و يمكن التعبير عنها بتناسب الزمن النسبى أو إحتمالية توقف النظام نتيجة أدنى مجموعة فصل التى نحن بصددها.يلاحظ أن الأكثر شيوعا أن يعبر عن الفترة المتوقعة بالساعات بينما يعبر عن زمن التوقف بالساعات فى السنة (hr/y) .

من الشائع إستخدام معادلات تقريبية للحصول على معدل التكرار و الفترة المتوقعة لحالات الإنقطاعات الأكثر شيوعا و تعرف هذه المعادلات بأدنى مجموعة فصل من الدرجة الأولى و الثانية و الثالثة (first, second and third – order minimal cut-sets) تستخدم هذه المعادلات لحساب التوقفات الإضطرارية و الخروجات لأعمال الصيانة.

فيما يلى بعض الفروض الأساسية الموضوع على أساسها هذه المعادلات:

1- تعتبر عمليات التصليح (repair events) و المكونات العاطلة (Component failure) مستقلة إحصائيا.

2- لا يتم فصل مكونات الشبكة لأعمال الصيانة أو لأى أعمال أخرى إذا فصلت مكونات أخرى إضطراريا , و لكن يمكن حدوث فصل إضطرارى للمكونات أثناء الفصل المبرمج لمكون أخر.

3- تكون المكونات التى تعمل على التوازى لتغذية الأحمال هى مكونات تكرارية تماما, بمعنى أن يكون لأى مكون فى توليفة التوازى المقدرة على تحميل جميع أحمال توليفة التوازى , مع مراعاة عدم زيادة أى أحمال (Overload) عن الوضع الطبيعى.

1- أسلوب أعطال المكونات (Component failure modes)

تتعرض مكونات شبكات التوزيع , مثل الخطوط و المحولات و قواطع التيار, لحالات أعطال متعددة , و التى عموما , لها تأثيرات مختلفة على أداء إعتمادية الشبكة.

من المعروف أن مكونات الشبكات تنقسم إلى:

أ- معدات عدم الفصل و التوصيل (non switching devices)

مثل الخطوط الهوائية و الكابلات الأرضية و محولات القدرة و التى وظيفتها مرور و تحميل التيار بها.

عند عطل أى من هذه المكونات (أو حدوث قصر دائرة short-circuit) فإن المكون يتحمل تيارات القصر حتى يتم عزل المكون العاطل عن طريق أجهزة الوقاية.

و يتم حساب إعتمادية النظام بإستخدام المعدلات $\lambda^{\backslash}$ & λ حيث:

λ=The permanent forced outage rate of component

معدل التوقف الإضطرارى الدائم للمكون =

(أى أن λ هو معدل حدوث التوقف الإضطرارى للمكون العاطل و الذى لا يمكن إستعادته للخدمة فورا).

ب- معدات الفصل و التوصيل (switching devices)

مثل : قواطع التيار و التى من وظائفها مرور و تحميل التيار بها بالإضافة إلى الإستجابة لجميع أنواع الأعطال.عندما لا يكون لمعدات الفصل و التوصيل المقدرة على أداء النظام بينما يظهر بوضوح عدم المقدرة لأداء وظيفة الإستجابة , مثل أمر فتح الإعتاق[1] (tripping open) , عندما تكون الإستجابة مطلوبة فقط , و فيما يلى تعريف دوال الإستمرار و الإستجابة.

- دوال الإستمرار (Continuous functions)

1- تعرض المكون لقصر دائرة و يتم عزله من خلال أجهزة الوقاية الإحتياطية (protective devices) . فى هذه الحالة فإن البارامتر المستخدم يكون

λ=The rate of occurrence of such short circuit events

= معدل حدوث حالات مثل دوائر القصر

2- فتح معدات الفصل و التوصيل بدون أمر مناسب (proper command)

فى هذه الحالة فإن البارامتر المستخدم يكون:

λ_{FT}=the rate of occurrence of such events given that the device is closed.

= معدل الحدث بفرض أن المعدة كانت مغلقة

3-غلق معدات الفصل و التشغيل بدون أمر تشغيل مناسب

فى هذه الحالة فإن البارامتر المستخدم يكون

λ_{FC}=the rate of occurrence of such events given that the device is open.

= معدل الحدث بفرض أن المعدة كانت مفتوحة

(1) إعتاق: فتح قاطع الدائرة الكهربائية أو مبدئ التشغيل بطريقة كهرومغناطيسية عند حدوث عطل أو تغيير فى ظروف التشغيل

- دوال الإستجابة (Response functions)

1- فشل معدات الفصل و التوصيل فى إجراء عملية الفتح على الرغم من وجود أمر تشغيل.

فى هذه الحالة فإن البارامتر المستخدم يكون:

P_S=the probability that the device will not open on command

إحتمال عدم فتح المعدة فى وجود أمر تشغيل =

2- فشل معدات الفصل و التوصيل فى إجراء عملية الغلق على الرغم من وجود أمر تشغيل.

فى هذه الحالة فإن البارامتر المستخدم يكون:

P_c=the probability that the device will not close on command

إحتمال عدم غلق المعدة فى وجود أمر تشغيل =

3-الفصل الخاطئ لنظام الوقاية نتيجة وجود عطل خارج منطقة الوقاية.

فى هذه الحالة فإن البارامتر المستخدم يكون:

P_O=the probability of an incorrect trip, given a fault outside the protection zone.

إحتمال الفصل الخاطئ , بفرض حدوث عطل خارج منطقة الوقاية =

يوضح جدول (6-1) حالات الأعطال الأكثر أهمية لمعدات الفصـــل و التوصـــيل و أنظمـــة الوقاية و الخطوط موضحا به مجموعات الفصل و نوع العطل و البارامتر المستخدم

جدول (6-1) تصنيف أنواع بارامتر حالة العطل لمعدات الفصل و التوصيل و أنظمة الوقاية و الخطوط

الدالة Function	مجموعة الفصل Cut-Set	نوع الفصل Type	البارامتر المستخدم
دوال الإستمرار	- خط / جزء من خط - قاطع تيار - مفتاح عزل	Type 1	$\lambda =$ معدل حدوث عطل مثل دائرة القصر
	- قاطع تيار - مفتاح عزل	Type 2	$\lambda_{FT} =$ معدل حدوث عطل بالقاطع (أو المفتاح) بفرض أن القاطع مغلق
	- قاطع تيار - مفتاح عزل	Type 3	$\lambda_{FC} =$ معدل حدوث عطل بالقاطع (أو المفتاح) بفرض أن القاطع مفتوح
دوال الإستجابة	- قاطع تيار	Type 4	$P_S =$ إحتمال عدم فتح القاطع فى وجود أمر تشغيل
	- قاطع تيار	Type 5	$P_c =$ إحتمال عدم غلق القاطع فى وجود أمر تشغيل
	- أجهزة الوقاية	Type 6	$P_O =$ إحتمال الفصل الخاطئ , بفرض حدوث عطل خارج منطقة الوقاية

1-1 التوقفات الإضطرارية للمكونات حاملة التيار
(Forced outages of current – carrying components)

من أمثلة أقل مجموعة فصل (cut – set):

1- مجموعة فصل من الدرجة الأولى

أ- مكون واحد (مثل خط أو كابل أو قاطع تيار ....)

ب- مكونين على التوازى (مثل توصيل خطين على التوازى)

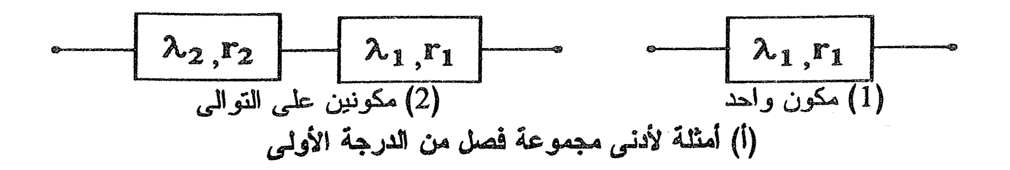
2- مجموعة فصل من الدرجة الثانية

3- مجموعة فصل من الدرجة الثالثة

4- توليفة من أى مجموعات مذكورة سابقا

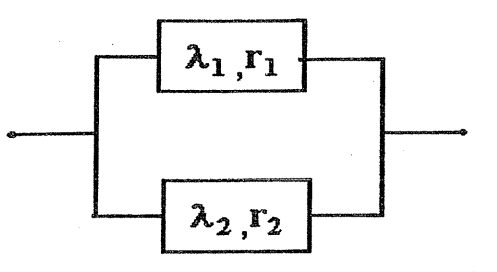
يوضح شكل (6-1) أمثلة لأدنى مجموعة فصل من الدرجة الأولى و الثانية و الثالثة بينما يوضح شكل (6-2) مثال لأدنى مجموعة فصل مولفة من الدرجة الأولى و الثانية و الثالثة.

يوضح جدول (6-2) المعادلات المستخدمة لحساب تكرار العطل و الفترة المتوقفة لأدنى مجموعة فصل فى حالتى التوقف الإضطراراى و التوقف الإضطرارى العابر للمكونات حاملة التيار.

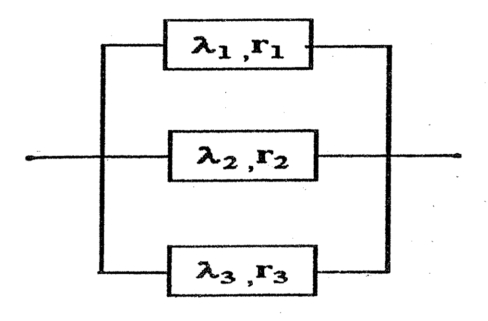


(1) مكون واحد
(2) مكونين على التوالى

(أ) أمثلة لأدنى مجموعة فصل من الدرجة الأولى

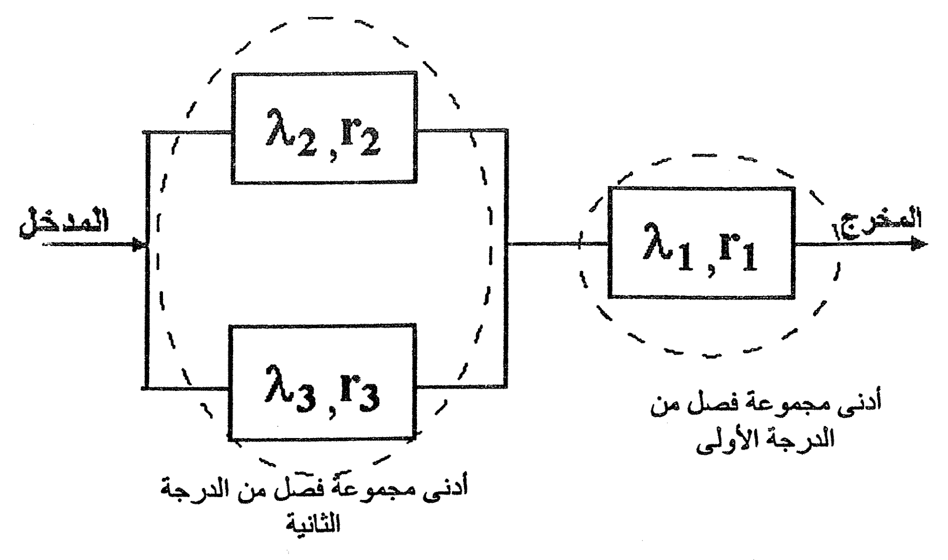


(ب) مثال لأدنى مجموعة فصل من الدرجة الثانية (مكونين على التوازى)

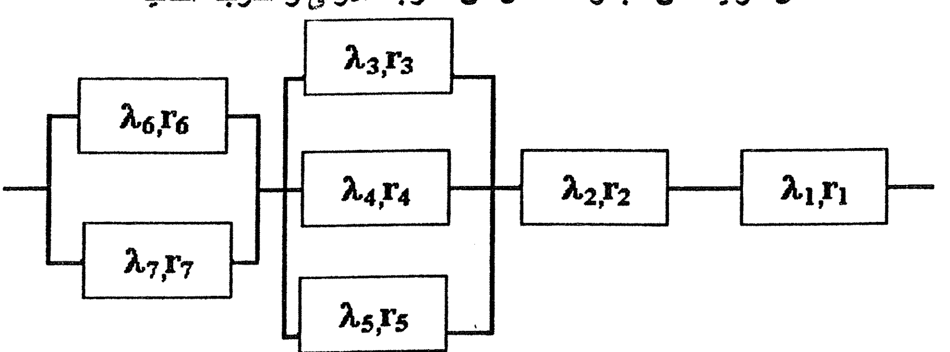


(ج) مثال لأدنى مجموعة فصل من الدرجة الثالثة (ثلاثة مكونات على التوازى)

شكل (1-6) أمثلة لأدنى مجموعة فصل من الدرجة الأولى و الثانية و الثالثة



أ- مثال لتوليفة من مجموعة فصل من الدرجة الأولى و الدرجة الثانية



ب- مثال لتوليفة من مجموعة فصل من الدرجة الأولى و الدرجة الثانية و الدرجة الثالثة

شكل (2-6) أمثلة لمجموعة فصل تتكون من توليفات مختلفة

جدول (6-2) معادلات معدل تكرار العطل و الفترة المتوقعة لأدنى مجموعة فصل – في حالة التوقفات الإضطرارية و حالة التوقف الإضطرارى العابر لمكونات حاملة للتيار

درجة أدنى مجموعة فصل	المعادلات المستخدمة فى حالة التوقف الأضطرارى	المعادلات المستخدمة فى حالة التوقف الأضطرارى العابر
الدرجة الأولى First- order minimal cut-set	$f_{cs} = \lambda_i$ $r_{cs} = \min(r_i, t)$ أقل r_i أو t=	$f_{cs} = \lambda'_i$ $r_{cs} = t$
الدرجة الثانية Second – order minimal cut-set	$f_{cs} = \lambda_i \lambda_j (r_i + r_j)$ $r_{cs} = \min(r_i r_j/(r_i + r_j), t)$	$f_{cs} = \lambda_j \lambda'_i r_j$ $r_{cs} = t$
الدرجة الثالثة Third-order minimal cut-set	$f_{cs} = \lambda_i \lambda_j \lambda_k (r_i r_j + r_i r_k + r_j r_k)$ $r_{cs} = \min(r_i r_j r_k /(r_i r_j + r_i r_k + r_j r_k), t)$	--

حيث :

f_{cs} =frequency of cut – set event

= تكرار العطل لحدث مجموعة الفصل

r_{cs} = expected duration of cut set event

= الفترة المتوقعة لحدث مجموعة الفصل

λ_i = permanent forced outage rate of i^{th} component.

= معدل التوقف الإضطرارى للمكون i

r_i =expected repair or replacement time of i^{th} component

= زمن التصليح المتوقع أو زمن إستبدال المكون i

t=the time to perform an appropriate switching operation

= زمن أداء التشغيل المناسب للتحويل

λ'_i =Transient forced outage rate of the i^{th} component

= معدل التوقف الإضطرارى العابر للمكون i

بمجرد حساب معدلات التكرار و الفترات المتوقعة لكل أدنى مجموعة فصل , عندئـذ يـتم حساب مؤشرات إعتمادية النظام عند موضع الحمل الذى نحن بصدده (الموضـع تحـت الدراسة) و يتم ذلك كالآتى:

$$f_s = \sum_{\text{أدنى مجموعة فصل}} f_{csi}$$

$$r_s = \sum_{\text{أدنى مجموعة فصل}} f_{csi}\, r_{csi} / f_s$$

حيث

f_s =system interruption frequency

= تكرار الأنقطاع للنظام

r_s = system expected interruption duration

= الفترة المتوقعة لأنقطاع النظام

$f_s r_s$=total interruption time per time period

= زمن الأنقطاع الكلى لكل فترة زمنية

= أو زمن التوقف المتوقع

مثال (1)

فى شكل (1-6) (أ) أكتب معادلات r_s & f_s فى حالة مكونين على التوالى (series)

الحل:

$$f_s = \lambda_1 + \lambda_2$$

$$f_s r_s = \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2$$

$$r_s = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

مثال (2)

فى شكل (6-1) (ب) أكتب معادلات r_p & f_p فى حالة مكونين على التوازى (parallel)

الحل:

$$f_p = \frac{\lambda_1\lambda_2(r_1 + r_2)}{8760}$$

$$f_p r_p = \frac{\lambda_1 r_1(\lambda_2 r_2)}{8760}$$

$$r_p = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

يلاحظ أن هذه المعادلات تقريبية و التى تستخدم فقط عندما يكون كل من $\frac{\lambda_2 r_2}{8760}$ & $\frac{\lambda_1 r_1}{8760}$ أقل من 0.01 (طبقا للمواصفات IEEE493-1997)

مثال (3)

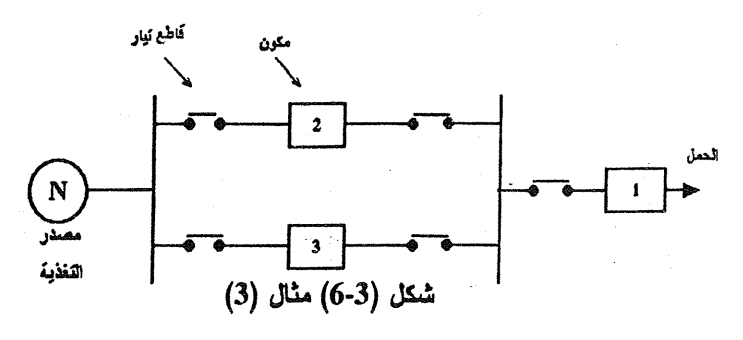
جزء من الشبكة يتكون من ثلاثة مكونات 3 ,2 , 1 كما فى شكل (6-3) مع فرض:

- أن التوقفات المبرمجة للمكون 1 و المسببة لفصل التغذية عند الحمل تتم خلال الفصل لأعمال الصيانة و عندئذ لا تؤخذ فى الأعتبار عند تحليل الإعتمادية
- أن الوضع الطبيعى لجميع قواطع التيار هو وضع التوصيل

يوضح جدول (6-3) المعادلات اللازمة لإجراء الحسابات و يكون مؤشرات النظام

$$f_s = \sum f_{cs}$$

$$r_s^{\backslash} = \sum f_{cs} r_{cs} / f_s$$



شكل (6-3) مثال (3)

جدول(3-6) حل مثال (3)

أدنى مجموعة فصل Minimal cut-set	درجة أدنى مجموعة فصل	f_{cs}	r_{cs}	$f_{cs}r_{cs}$
المكون 1	الدرجة الأولى	التوقفات الإضطرارية		
المكون 1	الدرجة الأولى	λ_1	r_1	$\lambda_1 r_1$
المكون 2/ المكون 3	الدرجة الثانية	$\lambda_3\lambda_2(r_3+r_2)$	$r_3r_2 / (r_3+r_2)$	$\lambda_3\lambda_2 r_3 r_2$
المكون 2/ المكون 3	الدرجة الثانية	التوقفات الأضطرارية/ و التوقفات المبرمجة		
المكون 2/ المكون 3	الدرجة الثانية	$\lambda'_3\lambda_2 r'_3+\lambda_2{}'\lambda_3 r'_2$	$f_{cs}r'_{cs}/f_{cs}$	$\lambda'_3\lambda_2 r'_3\frac{r'_3 r_2}{r'_3+r_2}+\lambda_3\lambda_2{}' r'_2\frac{r'_2 r_3}{r'_2+r_3}$
الأجمالى		$\sum f_{cs}$		$\sum f_{cs}r_{cs}$

1-2 أعطال معدات الفصل و التوصيل أو أنظمة الوقاية
(Failures of switching devices or protection systems)

يحسب تكرار و فترة العطل لمعدات الفصل و التوصيل عند تعرضها لعطل دائـرة قصـر بنفس طريقة الحساب و بالمعادلات المستخدمة فى حالة مكون حامل للتيار و الموضـحة فى جدول (2-6).

بالمثـل , إذا كان وضع التشغيل العادى لمعدة الفصل و التوصيل هو وضع الغلـق NC (normally closed) فيكون لتأثير الفصل الخاطئ (false trip) معدل عطـل λ_{FT} و التى تحسب بنفس المعادلات بجدول (2-6).

يؤدى عطل معدات الفصل و التوصيل أو أنظمة الوقاية لعدم الإستجابة المناسبة للمعدة أو النظام عند حدوث بعض الأحداث الأخرى التى يمكن وقوعها فى لحظة يكون فيها الأحتياج لفعل أو أكثر مناسب يمثل أعطال سابقة غير مكتشفة. و على ذلك , فإن دالة الإسـتجابة لعطل معدات الفصل و التوصيل أو أنظمة الوقاية لا يمكن تشكيلها أبدا مـن مجموعـات الفصل من الدرجة الأولى (first – order cut-sets).

يلخص جدول (4-6) معادلات $r_{cs}\&f_{cs}$ لكل فشل بدالة الإستجابة.

تتأثر بارامتر الأحتمالية $P_c\&P_s$ بعمليات الكشف و الصيانة و الأختبار . أى أن $P_c\&P_s$ تعكس بقوة الأعطال السابقة و غير المكتشفة عند الزمن الذى يحتاج للإستجابة.

1-3 التوقف المبرمج للمكونات
(Scheduled outage of components)

التوقف المبرمج هو التوقف المتعمد للمكون عند زمن مختار و ذلك بفرض الإنشاءات أو الصيانة أو التصليح. و يكون الفرق بين التوقف الإضطرارى و التوقف المبرمج أن الأول

لا يمكن تأجيله بينما الآخر يمكن تأجيله. يمكن أن يكون المكون الخاضع للتوقف المبرمج إما مجموعة فصل من الدرجة الأولى أو من الدرجة الثانية. يستخدم كمجموعة فصل من الدرجة الثانية عندما يحدث تداخل للإنقطاعات الإضطرارية مع التوقف المبرمج. يوضح جدول (6-5) المعادلات المستخدمة فى هذه الحالة.

جدول (6-4) أعطال معدات الفصل و التوصيل و أنظمة الوقاية

نوع العطل	المعادلات
الفشل فى الفتح على الرغم من وجود أمر تشغيل (Failure to open on command)	$f_{cs} = \lambda p_s$ r_{cs}=r or t
الفشل فى الغلق على الرغم من وجود أمر تشغيل (Failure to close on command)	$f_{cs} = \lambda p_c$ r_{cs}=r or t
الفصل الخاطئ نتيجة عطل خارج منطقة الوقاية (incorrect trip due to fault outside protection zone)	$f_{cs} = \lambda p_o$ r_{cs}=r or t

λ=the rate of occurrence of the event requiring a response
= معدل حدوث حدث يحتاج للإستجابة
t=the time to perform an appropriate switching operation
= زمن أداء التشغيل المناسب للتحويل
r=the expected repair or replacement time of component
= زمن التصليح المتوقع أو زمن إستبدال المكون

جدول (6-5) معادلات التوقف المبرمج للمكونات

درجة مجموعة الفصل	المعادلات المستخدمة
الدرجة الأولى (first _order cut –set)	$f_{cs} = \lambda_i^{\backslash\backslash}$ $r_{cs} = r_i^{\backslash\backslash}$
الدرجة الأولى (second _order cut –set) { بفرض أن λ أكبر بكثير من $\frac{1}{r}$)	$f_{cs} = \lambda_i^{\backslash\backslash} \lambda_j^{\backslash\backslash} r_i^{\backslash\backslash}$ $r_{cs} = \frac{r_i^{\backslash\backslash} r_j}{r_i^{\backslash\backslash} + r_j}$ or t

$\lambda_i^{\backslash\backslash}$ = scheduled outage rate of the i^{th} component

= i معدل التوقف المبرمج للمكون

$r_i^{\backslash\backslash}$ = average scheduled outage duration of the i^{th} component

= i متوسط فترة التوقف المبرمج للمكون

مثال(4)

جزء من شبكة كهربائية يتكون من أجزاء من الخطوط و قواطع تيار و سـكاكين فصـل.

بفرض أن :

- المكونات عرضة للأعطال
- لا يؤخذ فى الأعتبار التوقفات المبرمجة و التوقفات الإضطرارية العابرة.

يوضح جدول (6-6) البيانات الأساسية لحسابات الإعتمادية

أحسب مؤشرات أداء الإعتمادية و التى تتمثل فى معدل الإنقطاع و الفترة المتوقعـة التـى يتعرض لها الحمل المغذى من جزء الخط L_1

جدول(6-6) بيانات حسابات الإعتمادية

أدنى مجموعة فصل	بيانات الإعتمادية
أجزاء الخطوط: L_1 &L_2 &........	λ=0.20 /yr r=3 h
القواطع و المفاتيح : B_1 &B_2 &B_3 &B_4 &B_5 S_1 &S_2&S_3	λ=0.01 /yr λ_{FT}=0.003 /yr p_s=0.001 p_o=0.01 r=5 h
أزمنة التحويل: t_s=normal manual switching time = الزمن العادى للتحويل اليدوى t_B=time to isolate breaker or switch or to repair non catastrophic failure = زمن عزل القاطع أو المفتاح أو زمن تصليح عطل غير مسبب كارثة	t_s=0.5 h t_B=1 h

الحل:

سنتعرض لدراسة ثلاثة حالات هى:

أ- دراســة حالة(1). بدون أستخدام معدة فصل و توصيل على الخط,كما فى شــكل (6-4)

ب- دراسة حالة (2).بإستخدام مفتاح فصل بين أجزاء الخط , كما فى شكل (6-5)

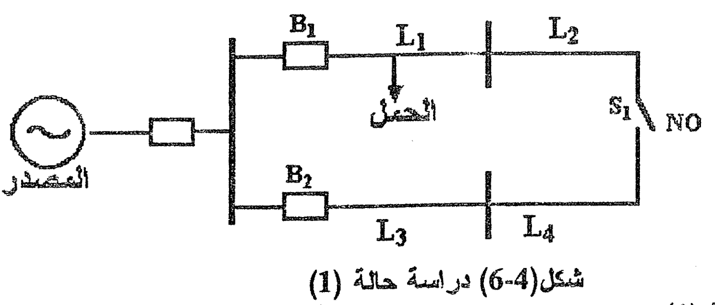
ج -دراسة حالة (3). بإستخدام قواطع تيار بين أجزاء الخط , كما فى شكل (6-6)

و تكون خطوات الحل كالآتى:

- تحديد أدنى مجموعة فصل تسبب قطع الخدمة (التغذية) عن الحمل, و تكون أدنى مجموعة فصل إما خط أو جزء من الخط أو قاطع تيار أو مفتاح.
- يحدد نوع العطل (.......... type 1&type 2&) طبقا لجدول (6-1)
- يحسب مجموع تكرار الأعطال $\sum f_{csi}$ حيثi المكونات المسببة قطع الخدمة عن الحمل و هو يساوى معدل الأنقطاع
- تحسب مجموع حاصل ضرب تكرار الأعطال x فترة العطل أى $\sum f_{csi} \times r_{csi}$
- تحسب الفترة المتوقعة من $\{\sum f_{csi} \times r_{csi} / \sum csi\}$

توضح الجداول أرقام (6-7) &(6-8) &(6-9) نتائج كل دراسة حالة.

أ-دراسة حالة(١)



شكل(6-4) دراسة حالة (1)

جدول(6-7) نتائج دراسة حالة (1)

أدنى مجموعة فصل مسببة قطع الخدمة عن الحمل	(1) $\lambda_i = f_{csi}$ = frequency (failure /yr) التكرار (عطل / السنة)	(2) $r_i = r_{csi}$ = duration (h/failure) الفترة (ساعة / عطل)	$U = \lambda_i r_i$ $= \lambda_i t$ = (1) * (2) زمن التوقف المتوقع
عطل جزء الخط :			
L_1	λ_{L1}=0.2	r_{L1}=3	0.2*3=0.6
L_2	λ_{L2}=0.2	r_{L2}=3	0.2*3=0.6
عطل قاطع/مفتاح :			
Type1:B_1	λ_{B1}=0.01	t_B=1	0.01*1=0.01
Type1:B_2	λ_{B2}=0.01	t_B=1	0.01*1=0.01
Type1:S_1	λ_{S1}=0.01	t_B=1	0.01*1=0.01
Type2:B_1	λ_{FTB1}=0.003	t_B=1	0.003*1=0.003
الإجمالى	$\sum f_{csi} = \sum \lambda_i = 0.433$		$\sum f_{csi} r_{csi} = \sum \lambda_i r_i = 1.233$

و تكون النتيجة

معدل الإنقطاع= $f_S = \sum_i f_{csi} = \sum_i \lambda_i = 0.433$ int/yr

الفترة المتوقعة= $r_S = \sum_i f_{csi} r_{csi} / f_S = \sum_i \lambda_i r_i / f_S$

$= 1.233/0.433 = 2.85$ h/int

ب-دراسة حالة (2)

B_1 L_1 NC L_2 S_2 الحمل S_1 NO المصدر B_2 L_3 S_3 L_4 NC

شكل (6-5) دراسة حالة (2)

جدول (6-8) نتائج دراسة حالة (2)

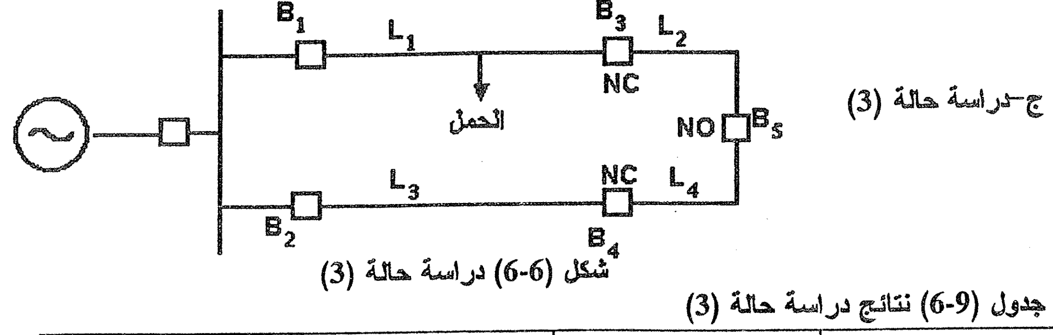
أدنى مجموعة فصل مسببة قطع الخدمة عن الحمل	(1) $\lambda_i = f_{csi}$ = frequency (failure /yr) التكرار (عطل / السنة)	(2) $r_i = r_{csi}$ = duration (h/failure) الفترة (ساعة / عطل)	$U = \lambda_i r_i$ $= \lambda_i t$ = (1) * (2) زمن التوقف المتوقع
عطل جزء الخط : L_1	$\lambda_{L1}=0.2$	$r_{L1}=3$	0.2*3=0.6
L_2	$\lambda_{L2}=0.2$	$r_{L2}=t_s=0.5$	0.2*3=0.6
عطل قاطع/مفتاح : Type1:B_1	$\lambda_{B1}=0.01$	$t_B=1$	0.01*1=0.01
Type1:B_2	$\lambda_{B2}=0.01$	$t_B=1$	0.01*1=0.01
Type1:S_1	$\lambda_{S1}=0.01$	$t_B=1$	0.01*1=0.01
Type1:S_2	$\lambda_{S2}=0.01$	$t_B=1$	0.01*1=0.01
Type2:B_1	$\lambda_{FTB1}=0.003$	$t_B=1$	0.003*1=0.003
Type4:B_2	$Ps(\lambda_{L2}+\lambda_{L4}+\lambda_{s3})$* =0.001(0.2+0.2+0.01) =0.00041	$t_B=1$	0.00041*1=0.00041
الإجمالى	Σ=0.44341		Σ=0.74341

*الرجوع إلى جدول(6-1)&جدول (6-4)

و تكون النتيجة معدل الإنقطاع = 0.44341 int./yr

الفترة المتوقعة = 0.74341 /0.44341 = 1.68 h/int.

ج-دراسة حالة (3)



شكل (6-6) دراسة حالة (3)

جدول (6-9) نتائج دراسة حالة (3)

أدنى مجموعة فصل مسببة قطع الخدمة عن الحمل	(1) $\lambda_i = f_{csi}$ = frequency (failure /yr) التكرار (عطل / السنة)	(2) $r_i = r_{csi}$ = duration (h/failure) الفترة (ساعة / عطل)	$U = \lambda_i r_i = \lambda_i t = (1) * (2)$ زمن التوقف المتوقع
عطل جزء الخط :			
L_1	λ_{L1}=0.2	r_{L1}=3	0.2*3=0.6
L_2	λ_{L2}=0.2	t_s=0.5	0.2*0.5=0.1
عطل قاطع/مفتاح :			
Type1:B_1	λ_{B1}=0.01	t_B=1	0.01*1=0.01
Type1:B_2	λ_{B2}=0.01	t_B=1	0.01*1=0.01
Type1:B_3	λ_{B3}=0.01	t_B=1	0.01*1=0.01
Type2:B_1	λ_{FTB1}=0.003	t_B=1	0.003*1=0.003
Type4:B_3	$Ps(\lambda_{L2}+\lambda_{B5})$ =0.001(0.2+0.01) =0.00021	t_B=1	0.00021*1=0.00021
Type4:B_2	$Ps(\lambda_{L3}+\lambda_{B4})$ =0.001(0.2+0.01) =0.00021	t_B=1	0.00021*1=0.00021
Type4:B_1	$Po(\lambda_{L2}+\lambda_{B5})$ =0. 01(0.2+0.01) =0.0021	t_B=1	0.0021*1=0.0021
الإجمالى	Σ=0.23552		Σ=0.63552

و تكون النتيجة

معدل الإنقطاع = 0.23552 int./yr

الفترة المتوقعة = 0.63552 /0.23552 = 2.7 h/int.

يوضح جدول (6-10) ملخص لنتائج دراسات الحالة (1) &(2)&(3)

جدول (6-10) ملخص نتائج مثال (٤)

دراسة الحالة	معدل الإنقطاع fs(int,/yr)	الفترة المتوقعة rs(h/int.)
(١)	0.433	2.85
(٢)	0.44341	1.68
(٣)	0.23552	2.7

يلاحظ من جدول (6-10) أن:

- أقل فترة متوقعة لكل أنقطاع هى دراسة حالة (2) و التى فيها أستخدمت مفـــاتيح عزل بين أجزاء الخطوط (و ليس قواطع تيار) و لكن لم يتأثر معدل الإنقطاع عن نتائج دراسة حالة (1)
- أقل معدل أنقطاع ظهر فى دراسة حالة (3) نتيجة وجود قواطع التيار.

الباب السابع

تحليل الإعتمادية بإستخدام الإحتمالات

Reliability Analysis by Probability Methods

أولا:أساسيات نظرية الإحتمال: (Basic Probability Theory)

نظرية الإحتمال هى نظرية تختص بإحتمالات وقوع الأحداث أو العناصر.
فيما يلى سنتعرض لطرق تحليل الإعتمادية بإستخدام نظرية الإحتمال.

(1) حيز العينات (Sample Space)

حيز العينات هى مجموعة من كل المخارج المحتملة لظاهرة محددة . مثلا, لنظام مكـــون من ثلاثة خطوط أو وصلات توزيع (distribution link) نفرض أن كل وصلة أمـــا أن تكون :

- فى حالة تشغيل (up state or operating) و التى يرمز لها iU
- أو فى حالة العطل (down state or failed) و التى يرمز لها iD

حيث i هى عدد المكونات (فى هذا المثال i=1,2,3) و يكون حيز العينات كالآتى:

$$S = (1U,2U,3U),(1D,2U,3U),(1U,2D,3U),(1U,2U,3D),(1D,2D,3U),(1D,2U,3D),(1U,2D,3D),(1D,2D,3D)$$

و توضح هذه المعادلة إحتمالات مخارج النظام و التى تسمى حالات النظام (system states) بينما تسمى مجموعة كل إحتمالات مخارج النظام بحيز حالة النظام (system state space) .

(2) الحدث (Event)

فى المثال السابق يعرف كل من :

(1D,2D,3U), (1D,2U,3D), (1U,2D,3D), (1D,2D,3D)

بالحدث و الذى يشير إلى أن خطى التوزيع أو الخطوط الثلاثة فى حالة العطل . بفرض الإحتياج لخطين علىالأقل لنجاح تشغيل النظام , هذه المجموعة من الحالات تعرف عطل النظام . يكون الحدث A هو مجموعة من حالات النظام.
و يقال أن الحدث A مزمع أن يحدث لو النظام فى الحالة التى يكون فيها عضو فى المجموعة A .

(3) إحتمال وقوع الأحداث (Probability)

بفرض إمداد النظام بالطاقة عند الزمن $t=0$ و تسجيل حالة النظام عند الزمن t فإن ذلك يطلق عليه "ملاحظة واحدة" . و عند تكرار ذلك لعدد N مرة و إذا كانت حالات أعطال النظام بعدد N_f مرة, و عليه فإن إحتمال أن يكون النظام فى حالة عطل عند الزمن t هو:

$$P_f(t) = N_f / N \qquad \text{...(1)}$$

و ذلك عند $N \rightarrow \infty$

جدول (7-1)توضيح بعض الرموز الرياضية المستخدمة فى نظريات الأحتمالات

الرمز Symbol	ماذا يعنى	كيف يقرأ	كيفية كتابة المعادلة	مثال /أو توضيح
$\cup$	Union Symbol أتحاد	Union	$A \cup B = B \cup A$	$A = 1,2,3$ $B = 4,5,6$ $A \cup B = 1,2,3,4,5,6$
$\cap$	Intersection Symbol تقاطع	……Intersect	$A \cap B = B \cap A$	$A = 1,2,3$ $B = 2,3,4$ $A \cap B = 2,3$
$\mid$	Vertical Line خط أفقى	…such that… ….it is true that….	$P = (A \mid B)$	الخط الأفقى يعنى أن نحصل على A بمعرفة B المعطاة (A مشروطة بـــ B)
Π	Product sign حاصل ضرب	Product	$\prod_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$	$1 * \frac{1}{2} * \frac{1}{3} * \frac{1}{4}$…….
$\in$	Belong to تنتمى إلى	belong	$a \in A$	$a = 2,3$ $A = 1,2,3,5$

(4) الخصائص المتوالفة لإحتمالات الأحداث
Combinational Properties of Event Probabilities

توجد بعض الخصائص المفيدة و المستخدمة لتحليل الإعتمادية

نحتاج أولا لمعرفة بعض الرموز الرياضية المستخدمة و الموضحة فى جدول (7-1)

(4-1) قاعدة جمع الإحتمالات (Addition)

يكون الحدثين $A_2 \& A_1$ فى شكل مشترك مقصور (mutually exclusive) إذا لم يحدثا معا. أما إذا كان الحدثين $A_2 \& A_1$ ليسوا فى شكل مشترك مقصور فهذا يعنى أنهما يحدثا معا. أى أن :

$$P(A_1 \cup A_2) = P(A_1) + P(A_2) - P(A_1 \cap A_2) \qquad ....(2)$$

حيث :

$P(A_1 \cup A_2) =$ Probability of A_1 or A_2 or both

= إحتمال حدوث A_1 أو A_2 أو الأثنين معا

$P(A_1 \cap A_2) =$ Probability of A_1 or A_2 happening together

= إحتمال حدوث $A_2 \& A_1$ معا

عندما يكون $A_2 \& A_1$ فى شكل مشترك مقصور فهما لن يحدثا معا , و هذا يعنى أن : $P(A_1 \cap A_2) = 0$ و على ذلك تصبح المعادلة (2):

$$P(A_1 \cup A_2) = P(A_1) + P(A_2) \qquad ....(3)$$

(4-2) قاعدة حاصل ضرب الإحتمالات (Multiplication)

إذا تأثر إحتمال حدوث الحدث A_1 بحدوث الحدث A_2 , فإن $A_2 \& A_1$ لا يكونا مستقلين. يشير التعبير $P(A_1|A_2)$ إلى : الحصول على الإحتمال المشروط للحدث A_1 بمعرفة حدوث الحدث A_2 .

أى أن

$$P(A_1 \cap A_2) = P(A_2) = P(A_1 | A_2) \quad \text{..........................(4)}$$

وتستخدم أيضا لحساب الأحتمال المشروط (Conditional Probability) كالآتى:

$$P(A_1 | A_2) = P(A_1 \cap A_2)/P(A_2) \quad \text{............................(5)}$$

عندما يكون الحدثين A_2&A_1 مستقلين , أى أن حدوث الحدث A_2 لا يتأثر بحدوث الحدث A_1 فإن:

$$P(A_1 \cap A_2) = P(A_1)P(A_2) \quad \text{..................................(6)}$$

(4-3) المكمل (Complementation)

يستخدم الرمز $\overline{A_1}$ للإشارة بأنه يكمل الحدث A_1 . يمثل المكمل $\overline{A_1}$ مجموعة من الحالات غير موجودة فى الحدث A_1.مثلا, إذا كانت A_1 تعنى حالات أعطال النظام, فإن الحالات التى لا تمثل أعطال النظام يشار لها بـ $\overline{A_1}$ و يعبر عن ذلك رياضيا كالآتى:

$$P(\overline{A_1}) = 1 - P(A_1) \quad \text{..(7)}$$

(5)المتغير العشوائى (Random Variable)

يعرف المتغير العشوائى بأنه الكمية ذات القيم المفروضة تبعا لقواعد الإحتمالات. يصف المتغير العشوائى الفردى (discrete) القيم الفردية فى حين يفرض أن المتغيرات العشوائية المستمرة هى قيم المتغيرات العشوائية خلال فترة مستمرة.مثلا:

تعتبر حالة النظام متغير عشوائى مفرد بينما يكون الزمن بين عطلين حدثا بنجاح عبارة عن متغير عشوائى مستمر.

(6)دالة توزيع الإحتمالية (Probability Distribution Function)

تصنف دالة توزيع الإحتمالية التغير فى المتغير العشوائى. لمتغير عشوائى فردى X , و بفرض قيم x_i , نحصل على دالة كثافة الإحتمالية من المعادلة:

$$P_X(x) = P(X = x) \qquad \text{.......(8)}$$

حيث $P_X(x)$ هى دالة كثافة الإحتمالية (Probability density function) لمتغير عشوائى فردى و تسمى هذه الدالة أيضا بدالة كتلة الإحتمالية (probability mass function) و التى لها الخصائص التالية:

(1) $P_X(x) = 0$ مالم تكن x أحد هذه القيم $x_0, x_1, x_2, \ldots\ldots$

(2) $0 \le P_X(x_i) \le 1$

(3) $\sum_i P_X(x_i) = 1$

تعتبر دالة توزيع الإحتمالية أو دالة التوزيع التراكمى (cumulative distribution function) من الداول الأخرى المفيدة , و تعرف هذه الدالة تبعا للمعادلة

$$F_X(x) = P(X \le x)$$

$$= \sum P_X(x_i) \qquad , x_i \le x \qquad \text{.......(9)}$$

تعرف دالة كثافة الأحتمالية $f_X(x)$ [و التى تكتب للتبسيط $f(x)$] لمتغير عشوائى مستمر تبعا للمعادلة الآتية:

$$P(a \le x \le b) = \int_a^b f(y)dy \qquad \text{.......(10)}$$

مثلا, إذا كانت X تعنى فترة الزمن حتى حدوث العطل (time to failure) فإن المعادلة (10) تعطى إحتمال حدوث العطل خلال الفترة (a,b) . و بالمقابل فإن دالة توزيع الإحتمالية لمتغير عشوائى مستمر هى :

$$F(x) = P(-\infty \le X \le x)$$

$$= \int_{-\infty}^{x} f(y)dy \quad \text{...(11)}$$

للدالة $f(x)$ خاصية خاصة محددة هى:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1 \quad \text{...(12)}$$

(7) التوقع (Expectation)

يكون التعريف الكامل للسلوك الإحتمالى للمتغير العشوائى عن طريق دالة كثافة الإحتمالية. و هى غالبا , تحدد قيمة فردية تصف المتغير العشوائى. و يكون التوقع هو أحد هذه القيم . و الذى يعرف كالآتى:

$$E(X) = \sum_i x_i P_X(x_i) \qquad \text{لمتغير عشوائى فردى}$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} x f(x)dx \qquad \text{لمتغير عشوائى مستمر}$$

يطلق أيضا على توقع X اسم القيمة المتوسطية (mean value) لـ X و التى لها علاقة خاصة بالقيمة المتوسطة (average value) لـ X فى حالة ملاحظة المتغير العشوائى X لمرات متعددة و للقيمة المتوسطة الرياضية المحسوبة لـ X و التى ستقترب من القيمة المتوسطية كعدد متزايد من الملاحظات.

(8) توزيع أسى (Exponential Distribution)

تعتبر دالة التوزيع الأسى من أهم الدوال العملية فى تحليل الإعتمادية ,و توضح المعادلة التالية معادلة دالة كثافة الإحتمالية

$$f(x) = \lambda \exp(-\lambda x) \quad \text{...(13)}$$

حيث λ ثابت موجب.

و تبين المعادلة التالية القيمة المتوسطية للمتغير العشوائى X و الذى له توزيع أسى:

$$d = \int_0^{\infty} x\lambda e^{-\lambda x} dx$$
$$= 1/\lambda \qquad \text{...(14)}$$

دالة توزيع أحتمالى تبعا للمعادلة الأتية:

$$F(x) = \int_0^{x} \lambda e^{-\lambda y} dy$$
$$= 1 - e^{-\lambda x} \qquad \text{...(15)}$$

مثلا , إذا خضع الزمن بين الأعطال (time between failures) للتوزيع الأسى, فـإن الزمن المتوسطى بين الأعطال يكون $d = 1/\lambda$ حيث تشير λ إلى معدل العطل (failure rate) للمكون. و يجب ملاحظة أن معدل الأعطال للتوزيع الأسى (و للتوزيع الأسى فقط) يكون ثابت.

ثانيا: طريقة الإحتمالية (Probabilistic approach)

فى هذه الطريقة, تبنى قواعد التشغيل و التصميم على أساس معيار أن المخاطرة (risk) (الإحتمالات) لكل حدث ظاهر يجب ألا تتعدى حدود الأختيـار المسـبق (Pre-selected limits)

تحتاج طرق الإحتمالية إلى تحليل متطور , و يكون لمفهوم حدود مخاطر أعطال النظام تفسير واضح جدا, و يمكن تخمين تأثير الأعطال , و تتجنب هذه الطريقة التفاوت المحتمل و الملازم للطريقة التقليدية.

تعمل مؤشرات الإحتمالية (Probabilistic indices) كمقياس للإعتمادية (reliability measures) . هذه المؤشرات عبارة عن كميات قياسية, أى إنها لها قيم رقمية. تكون هذه القيم إما على أساس التجربة الماضية (و هى التقييم الإحصائى) أو عن طريق النماذج المتوقعة (وهى طرق الإحتمالية)

من هذه المؤشرات:

- إحتمالية الأعطال (Probabilities of failures)
- تكرار الأعطال (frequencies of failures)
- متوسط أزمنة الأعطال (mean durations of failures)
- التوقعات (expectations) [مثل توقع كمية الطاقة فى السنة لنظام غير قادر على توريد مصدر التغذية]

تعرف بدايات المؤشرات و التى تحدد مجالات القبول و الرفض بأنها معايير إعتمادية الإحتمالية (probabilistic reliability criteria) أو أنها قيم مرجعية للأختيار أو المقارنة.

ثالثا:طرق تقييم الإعتمادية بإستخدام الإحتمالات
(Reliability Evaluation Methods by Probability Methods)

يمكن الحصول على القيم العددية لمقياس الإعتمادية إما بإستخدام الطرق التحليلية أو من خلال محاكاة رقمية (digital simulation). فى هذا الجزء سنتعرض فقط للطرق التحليلية. من هذه الطرق:

- طريقة حيز الحالة **State-space approach**
- تقليل الشبكة **Network reduction**
- مجموعة الفصل **Cut-set**

تعتبر طريقة "حيز الحالة" من الطرق العامة و التى تظهر مشاكلها فى النظم الكبيرة نسبياً. و تستخدم طريقة" تقليل الشبكة " للنظم المكونة من أنظمة فرعية متصلة على التوالى أو/ و على التوازى. الآن أصبحت طريقة " مجموعة الفصل" هى الأكثر شيوعا فى تطبيقات خطوط النقل و شبكات التوزيع.
سنتعرض فيما يلى لتوضيح كل طريقة:

أولا: طريقة " أدنى مجموعة فصل" **"Minimal Cut Set Approach"**
تستخدم هذه الطريقة لكل من : الدوائر بسيطة التشكيل و المعقدة و تمتاز هذه الطريقة بأنها تقنية مناسبة جدا لتحليل الإعتمادية لشبكات توزيع القوى الكهربائية. تمثل هذه الطريقة بمجموعة من مكونات الشبكة و التى عندما تعطل بمفردها تؤدى إلى عطل النظام، و لا يكون لأدنى " مجموعة الفصل" مجموعة فرعية مناسبة من المكونات و التى عندما تعطل بمفردها تسبب عطل النظام. مثلا تكون مكونات أدنى مجموعة فصل متصلة على التوالى و لذا يجب أن تعطل جميعها حتى تسبب عطل النظام . بينما تكون أدنى مجموعات

الفصل المختلفة متصلة على التوالى و لذا فإن عطل أى واحدة فى المجموعة تؤدى إلى عطل النظام.

يوضح شكل (7-1) تمثيل نظام على شكل قنطرة (Bridge system) فى هذا الشكل يلاحظ التعريفات الآتية:

- " مجموعة فصل" تعنى مجموعة من المكونات إذا عطلت تسبب عطل النظام
- أدنى "مجموعة فصل" تعنى يجب أن تعطل جميع مكونات المجموعة حتى يعطل النظام.
- المسار (Path) هو :مجموعة من المكونات لها وظائف النظام
- أدنى مسار (minimal path) تعنى أن تكون وظائف جميع المكونات بالمسار لخدمة وظائف النظام.

يوضح شكل (7-2) نظام مبسط و فيه "أدنى مجموعة فصل" هى:

- فصل مكون 1 أو مكون 2 أو مكون 3
- فصل مكون 2 و مكون 3 معا.

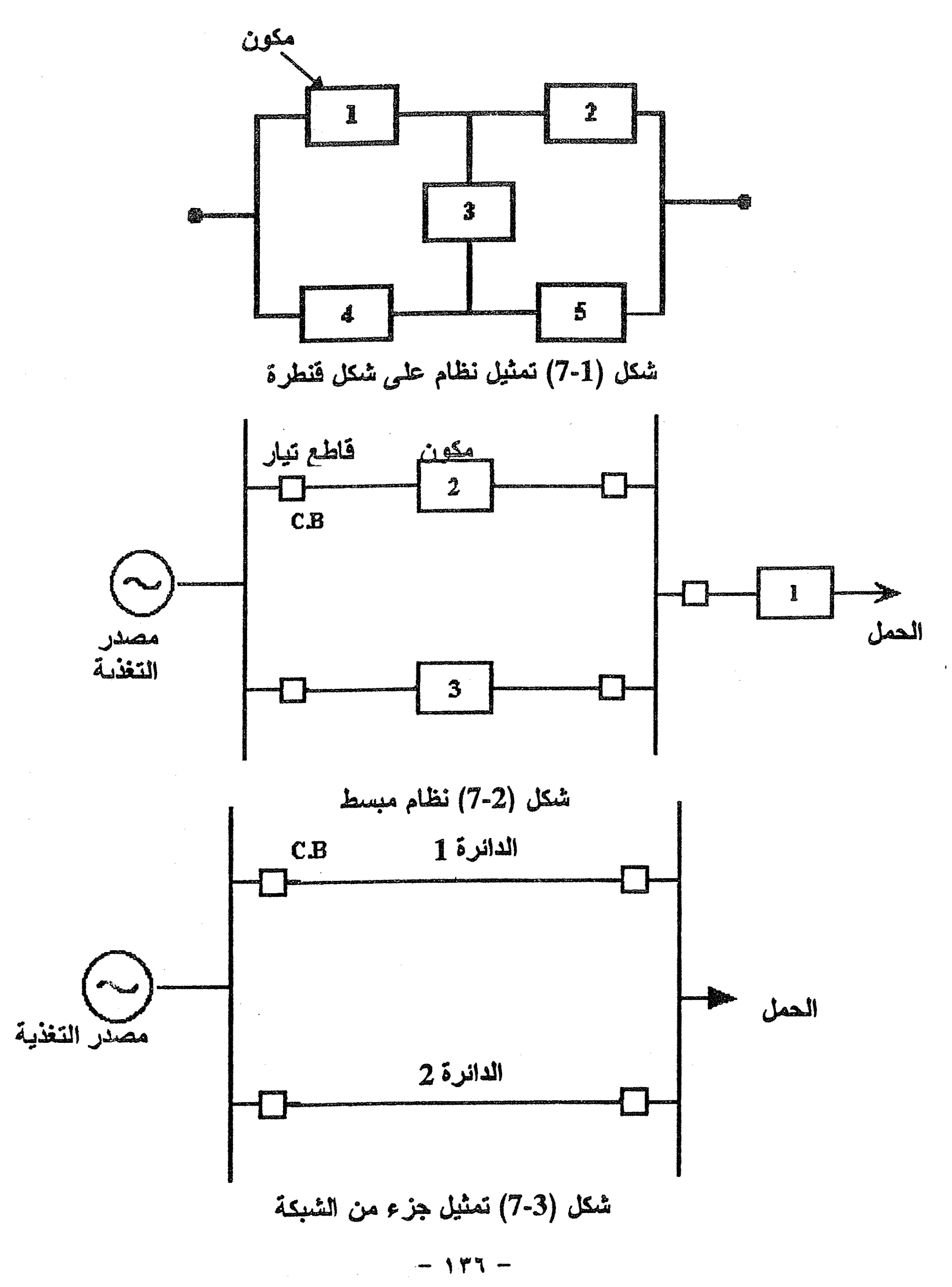
بينما يوضح شكل (7-3) تمثيل جزء من الشبكة و فيها أدنى مجموعة الفصل هى :

- فصل الدائرة 1
- فصل الدائرة 2
- فصل الدائرتين 2,1 معا.

للتعبير عن إحتمال أعطال مكونات مجموعة الفصل $P(\overline{C_i})$ يفرض أن:

- كل مكون مستقل
- يعبر عن مكونات مجموعة الفصل بـ C_i
- عدد أدنى مجموعة فصل يساوى m

و على ذلك فإن إحتمال (عدم إتاحية) و تكرار عطل النظام لعدد m لأدنى مجموعة فصل نحصل عليهم كالآتى:



شكل (1-7) تمثيل نظام على شكل قنطرة

شكل (2-7) نظام مبسط

شكل (3-7) تمثيل جزء من الشبكة

$$P_f = P(\overline{C_1} \cup \overline{C_2} \cup \overline{C_3} \cup \dots\dots \cup \overline{C_m})$$

$$= P(\overline{C_1}) + P(\overline{C_2}) + \dots\dots + P(\overline{C_m}) \qquad \begin{bmatrix} m \\ 1 \end{bmatrix} \text{ لعدد عناصر}$$

$$- \left[P(\overline{C_1} \cap \overline{C_2})\right] + \dots\dots\dots$$

$$+ \left[P(\overline{C_i} \cap \overline{C_j})\right] \quad i \neq j \qquad \begin{bmatrix} m \\ 2 \end{bmatrix} \text{ لعدد عناصر}$$

....

....

$$(-1)^{m-1} P(\overline{C_1} \cap \overline{C_2} \cap \dots\dots\dots \cap \overline{C_m}) \qquad \begin{bmatrix} m \\ m \end{bmatrix} \text{ لعدد عناصر}$$

................(16)

حيث

$$\overline{C_1} \cap \overline{C_2} = \overline{C_1} \text{ intersect } \overline{C_2}$$

= The failure of components of both the minimal cut – sets 1 and 2

= عطل مكونات كل من أدنى مجموعتى فصل 1 & 2 =

$P(\overline{C_1} \cap \overline{C_2})$ = The probability of failure of all components contained in C_1 and C_2

= إحتمال عطل كل المكونات بـ C_1 & C_2 =

$$\because P(\overline{C_1} \cap \overline{C_2}) = \Pi \; P_{id} \qquad i \in (C_1 \cup C_2)$$

حيث :

P_{id} = Probability of component i being in the failed state

= إحتمال أن يكون المكون فى ضمن الحالات العاطلة =

$= r_i/(d_i + r_i)$

$= \lambda_i/(\lambda_i + \mu_i)$

d_i = mean time between failure (MTBF) of component i

= متوسط الزمن بين الأعطال للمكون i =

λ_i = failure rate of component i $= 1/d_i$

= معدل عطل المكون i

r_i = mean time to repair (MTTR) of component i

= متوسط زمن الإصلاح للمكون i

μ_i = repair rate of component i $= 1/r_i$

= معدل الإصلاح للمكون i

Π = product = حاصل الضرب

و نحصل على تكرار العطل كالآتى :

$$
\begin{aligned}
f_f = {} & P(\overline{C_1})W_1 + P(\overline{C_2})W_2 + \dots\dots\dots + P(\overline{C_m})W_m \\
& - P(\overline{C_1} \cap \overline{C_2})W_{1,2} + P(\overline{C_1} \cap \overline{C_3})W_{1,3} + \dots\dots \\
& \dots\dots\dots\dots + P(\overline{C_i} \cap \overline{C_j})W_{i,j} \qquad , i \neq j \\
& \dots\dots \\
& \dots\dots \\
& (-1)^{m-1} P(\overline{C_1} \cap \overline{C_2} \cap \dots\dots\dots \cap \overline{C_m})W_{1,2,..m} \qquad (17)
\end{aligned}
$$

حيث

f_f = The frequency of failure

= تكرار الأعطال

$$W_{i,j} = \sum_{k \in C_i \cup C_j} \mu_k$$

و نحصل على متوسط فترة العطل (mean failure duration) كالآتى:

$$d_f = P_f / f_f$$

عندما يكون متوسط الزمن بين الأعطال للمكونات أكبر كثيرا من متوسط زمن الإصلاح أو بمعنى آخر , أن إتاحية المكونات تقترب من الوحدة فإنه يمكن تقريب المعادلتين (16) &(17) إلى المعادلتين البسيطتين:

$$P_f = \sum_{i=1}^{m} P(\bar{C}_i) = \sum_{i=1}^{m} P_{csi} \quad (18)$$

$$f_f = \sum_{i=1}^{m} P(\bar{C}_i) W_i = \sum_{i=1}^{m} f_{csi} \quad (19)$$

$$d_f = P_f / f_f = \sum_{i=1}^{m} P_{csi} \Big/ \sum_{i=1}^{m} f_{csi}$$

$$= \sum_{i=1}^{m} f_{csi} r_{csi} \Big/ \sum_{i=1}^{m} f_{csi} \quad (20)$$

حيث :

d_f =mean system failure duration

= متوسط فترة العطل للنظام

r_{csi}=mean duration of cut – set event i

= متوسط فترة الحدث i بمجموعة الفصل

ذكرت تطبيقات المعادلات (19) & (20) فى أنظمة توزيع القوى الكهربائية فى الباب (السادس) إذا كانت المكونات فى أدنى مجموعة فصل تشبه نظام التوالى , و تحتوى على عدد n مكون فى المجموعة C_i فإنه يمكن حساب f_{csi} كالآتى :

$$f_{cs_i} = \prod_{j=1}^{n} P_{jd} \sum_{j=1}^{n} \mu_j \qquad (21)$$

$$r_{cs_i} = 1 \Big/ \sum_{j=1}^{n} \mu_j \qquad (22)$$

مثال :

أفرض أن مجموعة فصل تحتوى على ثلاثة مكونات . أذكر معادلتى f_{cs_i} & r_{cs_i} و ذلك بفرض أن $\lambda_i << \mu_i$

الحل :

بإستخدام المعادلتين (21) &(22) :

$j=3$

$$P_{jd} = \frac{\lambda_i}{(\lambda_i + \mu_i)}$$

$$P_{1d} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \mu_1}$$

$$P_{2d} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu_2}$$

$$P_{3d} = \frac{\lambda_3}{\lambda_3 + \mu_3}$$

$$\prod_{j=1}^{3} P_{jd} = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_3 + \mu_3)}$$

$$\sum_{j=1}^{3} \mu_j = (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3)$$

$$f_{cs_i} = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3)}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_3 + \mu_3)}$$

و بفرض أن $\lambda_i << \mu_i$ و بالرجوع إلى جداول الباب السادس فإن:

$$f_{cs_i} \cong \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 (r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1)$$

$$r_{cs_i} = \frac{r_1 r_2 r_3}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1}$$

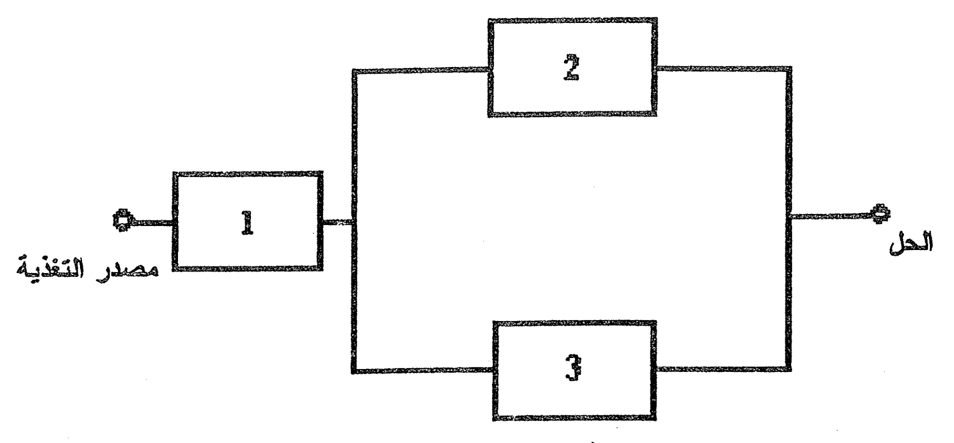
ثانيا : طريقة حيز الحالة (State Space Approach)

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون المكونات مستقلة بالإضافة إلى أنظمة تستلزم حالات أعطال تعتمد على الإصلاح . و توصف هذه الطريقة بأنها طريقة عامة. لشرح خطوات هذه الطريقة سنتعرض لمثال يحتوى على مكونات توالى و توازى كما فى شكل (4-7) و فيما يلى هذه الخطوات:

1- تعداد حالات النظام المحتملة (Enumerate the possible system states)

بفرض أن كل مكون إما أن يكون فى حالة التشغيل (U) أو فى حالة العطل (D) و أن المكونات مستقلة , و عليه يوجد ثمانية حالات مناسبة للنظام .هذه الحالات تأخذ أرقام من 1 إلى 8 وتعتمد كتابة المعادلات من S_1 إلى S_8 على حالات المكونات 3,2,1 كما يلى :

S_1 = 1U,2U,3U → نظام ناجح
S_2 = 1D,2U,3U
S_3 = 1U,2D,3U → نظام ناجح
S_4 = 1U,2U,3D → نظام ناجح
S_5 = 1D,2D,3U
S_6 = 1U,2D,3D
S_7 = 1D,2U,3D
S_8 = 1D,2D,3D



شكل (7-4) جزء من شبكة يحتوى على مكون توالى و مكونين توازى

يلاحظ من المعادلات السابقة أن ثلاثة معادلات فقط هى التى تشير إلى نجاح النظام و ذلك إعتمادا على أن المكون 1 فى حالة تشغيل و أحد المكونين 3 أو2 او كليهما فى حالة تشغيل فيما عدا ذلك فإن النظام يكون فى حالة عطل (غير ناجح). يتم تمثيل هذه المعادلات الثمانية كما فى شكل (7-5).

2- إيجاد معادلات الإنتقال بين الحالات

(Determine interstate transition rate)

يكون معدل الإنتقال من S_i (أى الحالة i) إلى S_j هو المعدل المتوسط لمرور النظام من S_i إلى S_j , مثلا فى شكل (5) يمكن أن يتحول النظام من S_1 إلى S_2 إذا عطل المكون 1 ,و بإصلاح المكون 1 يعود النظام إلى S_1 . و على ذلك فإن معدل الإنتقال من S_1 إلى S_2 يكون λ_1 بينما يكون معدل الإنتقال من S_2 إلى S_1 هو μ_1.

(معدل العطل = λ & معدل الإصلاح= μ)

3- إيجاد إحتمالات الحالات (Determine State Probability)

عند فرض أن المكونات مستقلة , فإنه يمكن الحصول على إحتمالات الحالات بإستخدام قاعدة حاصل الضرب كما فى المعادلة رقم (6) . و عندما يستلزم إجراء إحصائيات نتيجة أن المكونات غير مستقلة , عندئذ نحتاج لمجموعة من المعادلات تحل معا للحصول على إحتمالات الحالات . فيما يلى سنتعرض فقط للحالة عندما تكون المكونات مستقلة , فمثلا للحالة (2) , أى S_2 , فإن الإحتمالية تكون :

$$P_2 = P_{1d}P_{2u}P_{3u} \qquad (23)$$

حيث

P_{iu}=Probability of component i being up

= إحتمال أن يكون المكون i فى حالة تشغيل

$= d_i/(d_i + r_i) \quad = \mu_i/(\lambda_i + \mu_i)$

P_{id}=Probability of component i being failed state

= إحتمال أن يكون المكون i فى حالة عطل

$= r_i/(d_i + r_i) \quad = \lambda_i/(\lambda_i + \mu_i)$

4- إيجاد مقاييس الإعتمادية(Determine reliability measures)

تتطابق الحالات التى تشكل العطل أو عدم العطل أو أى حدث آخر مؤثر . فى شكل (7-4), إذا كان الخطين 3&2 يعملان بصورة كاملة , يحدث عطل للنظام إذا عطل المكون 1 أو أحد المكونين 3 &2 أو جميع المكونات 3 ,2 , 1 كما هو واضح فى شكل (7-5) فإن حيز الحالة S يكون :

$$S = \{1,2,3,4,5,6,7,8\}$$

المجموعة الجزئية A تمثل حيز الحالة العاطلة و التى تعين كالآتى:

$$A = \{2,5,6,7,8\}$$

بينما المجموعة الجزئية التى تمثل حالة التشغيل الناجحة هى

$$S - A = \{1,3,4\}$$

الآن يمكن الحصول على عدم إتاحية (أو إحتمالية) النظام فى حالة العطل كالآتى :

$$P_f = \sum_{i \in A} P_i \qquad (24)$$

حيث $i \in A$ تعنى أن المجموع يكون لجميع الحالات الموجودة فى المجوعة الجزئية A.

بتطبيق ذلك على المثال الموضح فى شكل (5) فإن:

$$P_f = P_2 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8$$

حيث P_i يمكن الحصول عليها بإستخدام قاعدة حاصل الضرب المذكورة فى معادلة (23) , يمكن حساب تكرار عطل النظام , و الذى يقابل تكرار المجموعة الجزئية A, من العلاقة :

$$f_f = \sum_{i \in (S-A)} P_i \sum_{j \in A} \lambda_{ij} \qquad (25)$$

حيث :

λ_{ij} = transition rate from state i to state j

= معدل الإنتقال من الحالة i إلى الحالة j

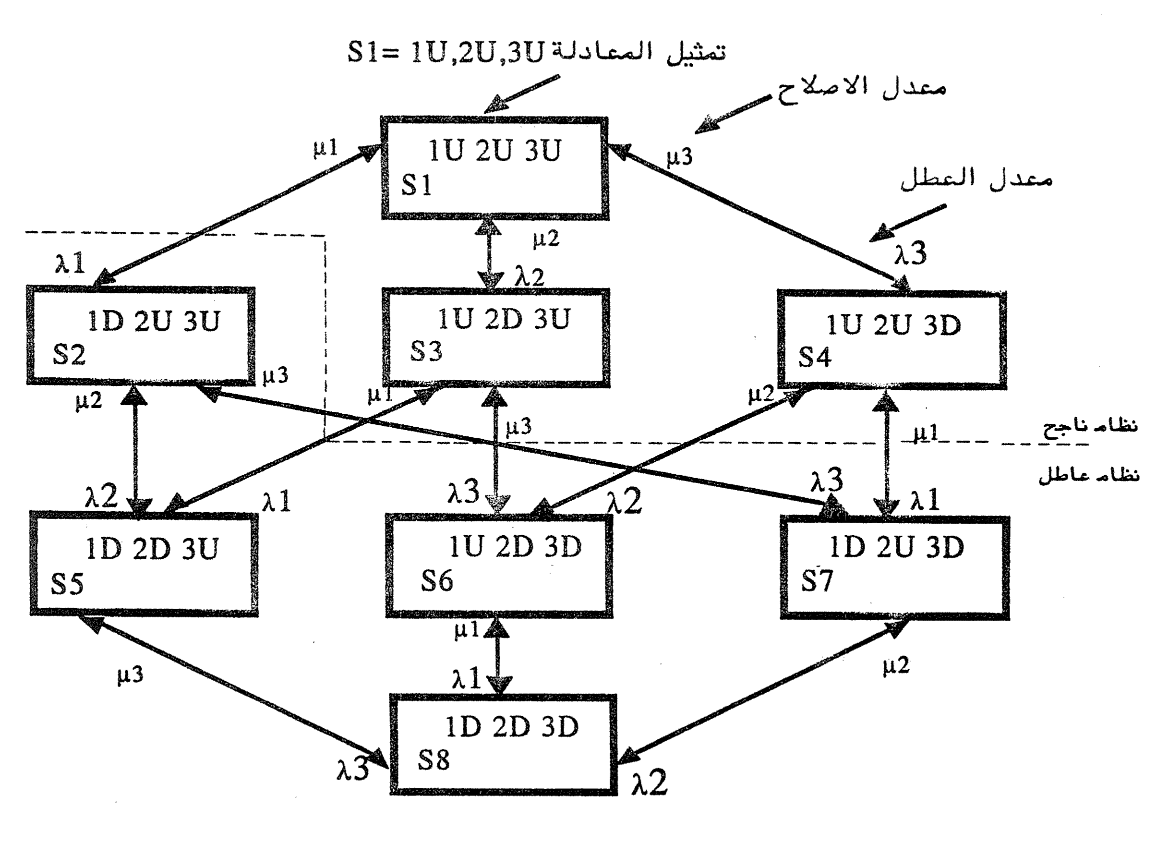
بإستخدام المعادلة (25) فى المعادلة (17) نحصل على :

$$f_f = P_1\lambda_1 + P_3(\lambda_1 + \lambda_3) + P_4(\lambda_1 + \lambda_2)$$

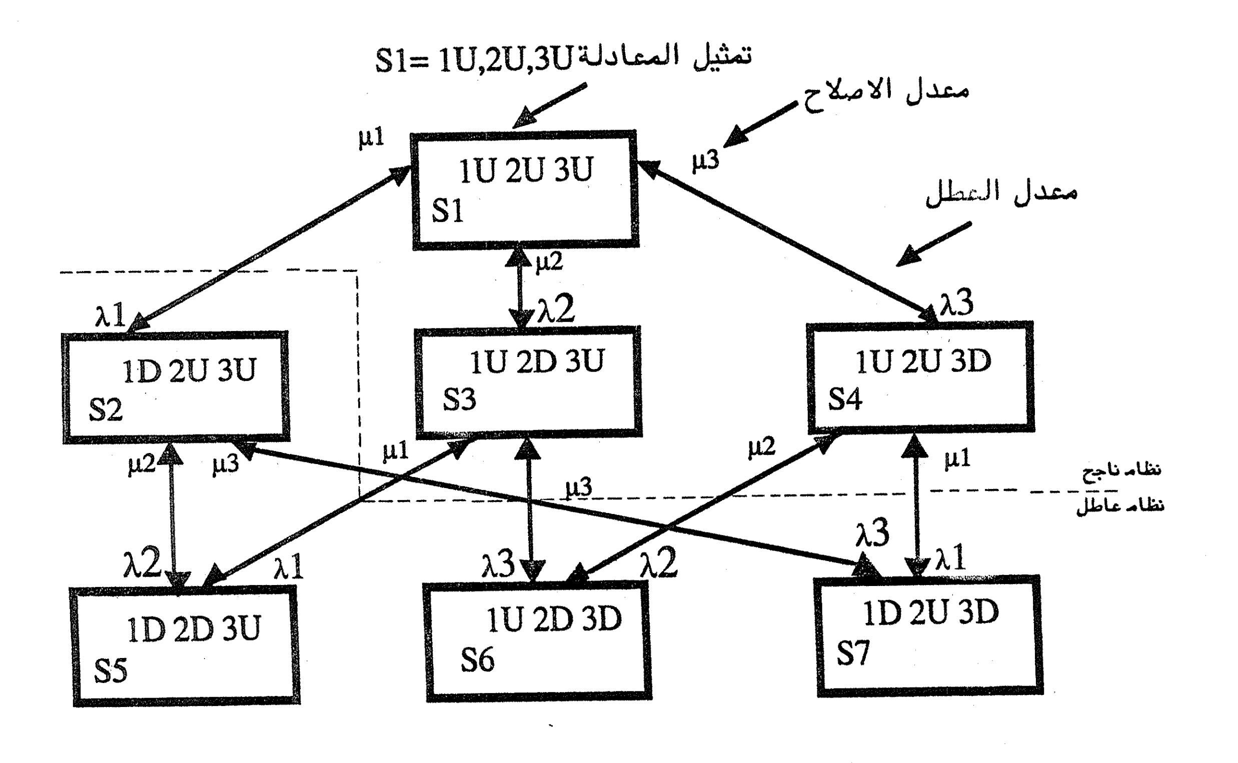
ونحصل على متوسط فترة العطل من f_f & P_f كالآتى:

$$d_f = P_f / f_f \qquad (26)$$

يلاحظ أنه قد فرض أن أعطال المكون لا تغير أحتمال عطل المكونات المتبقيــة . و علــى ذلك, إذا فرض أنه سيأخذ فى الأعتبار أنه بعد عطل النظام , لن تعطل مكونات أخرى و على ذلك سيعدل شكل (5-7) بشكل (6-7). الآن بمجرد عطل المكون 1 أو عطل المكــون (2) و المكون (3), فلن يحتمل حدوث عطل آخر.



شكل (7-5) تمثيل حالة الإنتقال للنظام الموضح فى شكل (7-4)



شكل (6-7) تمثيل حالة الإنتقال للنظام الموضح فى شكل (5-7)
عندما لا تكون المكونات مستقلة

ثالثا: تقليل الشبكة (Network Reduction)

تعتبر طريقة تقليل الشبكة مفيدة للأنظمة المكونة من أنظمة فرعية متصلة على التـوالى و التوازى . فى هذه الطريقة يتم تخفيض الشبكة بتجميع المكونات و الحصول على مكونـات مكافأة. فيما يلى تعريف نظام التوالى و نظام التوازى

أ- نظام التوالى (Series system)

فى نظام التوالى تكون جميع المكونات متصلة على التوالى و عند حـدوث عطـل لأى مكون فإن النظام يصبح عاطل . يوجد نوعين من نظام التوالى.

- المكونات المستقلة (Independent Components)

فى نظام التوالى ذات المكونات المستقلة , فإنه يمكن الحصول على معـدل العطـل و معدل الإصلاح للمكون المكافئ كالآتى:

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \qquad (27)$$

$$\mu_s = \lambda_s \Big/ \left(\prod_{i=1}^{n} (1 + \lambda_i / \mu_i) - 1 \right) \qquad (28)$$

حيث:

λ_s = equivalent failure rate of the system

= معدل العطل المكافئ للنظام

μ_s = equivalent repair rate of the system

= معدل الأصلاح المكافئ للنظام

$\prod_{1=1}^{n}$ = **Product of values 1 through n**

= حاصل ضرب القيم من 1 إلى n

بفرض أن λ_i أصغر كثيرا من μ_i (بمعنى آخر إن **MTBF >> MTTR**) فإن المعادلة (28) تختصر إلى المعادلة التالية:

$$r_s = \frac{1}{\mu_s} = \sum_{i=1}^{n} r_i \lambda_i / \lambda_s \qquad (29)$$

- مكونات يستلزم أن تكون غير مستقلة
(Components involving dependence)

بفرض أن بعد حدوث عطل للنظام لن تعطل مكونات آخرى , فإن المتغيرات المكافئة للعطل و الإصلاح تكون كالآتى :

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i$$

$$r_s = \sum_{i=1}^{n} r_i \lambda_i / \lambda_s \qquad (30)$$

يلاحظ من المعادلتين (29) & (30) أنهما متماثلين و ذلك نتيجة فرض أن **MTBF>> MTTR**

ب- نظام التوازى (Parallel system)

فى النظام المحتوى على مكونين علىالتوازى فإن عمل أيهما يؤدى إلى نجاح عمل النظام.فيما يلى معادلتى معدل العطل المكافئ و معدل الإصلاح المكافئ لنظام يحتوى على مكونين :

$$\lambda_P = \frac{\lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2)}{1 + \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2} \qquad (31)$$

$$\mu_p = \mu_1 + \mu_2 \qquad (32)$$

إذا كانت $\lambda_1 r_1$ & $\lambda_2 r_2$ أصغر كثير من 1 فإن المعادلة (31) تصبح كالآتى :

$$\lambda_p = \lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2) \qquad (33)$$

الباب الثامن

دوال الاعطال

Failure Functions

يمكن التعبير عن الأعطال بدلالة القاعدة الزمنية (time basis) (والتى تعنى توجيه أو قياس عملية ما بالنسبة للزمن) و ذلك بطرق متعددة منها :-

1- دالة العطل التراكمى (cumulative failure function)

أو دالة متوسط القيمة (mean value function)

و التى تشير إلى متوسط الأعطال التراكمية و المرتبطة بكل نقطة (أو موضع) من الزمن

2- دالة شدة الأعطال (failure intensity function)

والتى تمثل معدل التغير فى دالة العطل التراكمى

3- دالة معدل الأعطال (failure rate function)

أو معدل المخاطر (hazard rate)

أو معدل حدوث الأعطال (rate of occurrence of failure)

والذى يعرف بمعدل العطل اللحظى عند الزمن t والمعطى عند نظام لا يعطل حتى حدوث الزمن t .

4- دالة متوسط الزمن حتى العطل (mean time to failure function) (MTTF)

والتى تمثل الزمن المتوقع والذى عنده يلاحظ العطل التالى .

(تعرف MTTF احيانا بأنها متوسط الزمن بين الأعطال mean time between failures والتى يرمز لها بالرموز MTBF) .

يلاحظ التقارب بين هذه الدوال ويمكن التحويل من أحدهم إلى الأخرى .

من المؤشرات الأخرى التى لها علاقة بالزمن مؤشر متوسط زمن الإصلاح MTTR (mean time to repair) والتى تمثل الزمن المتوقع حتى يتم إصلاح

النظام بعد ملاحظة العطل . بقياس كل من MTTF & MTTR للنظام عندئذ يمكـن الحصول على الإتاحية كالأتى :

$$\text{Availability} = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + \text{MTTR}}$$

أى أن :

الإتاحية = متوسط الزمن حتى العطل / (متوسط الزمن حتى العطل + متوسط زمن الإصلاح)

يوضح جدول (8-1) أنواع وتعريفات الدوال المتعلقة بالإعتمادية

ويبين جدول (8-2) العلاقات المختلفة بين الإعتمادية ودوال الأعطال

واستعرض جدول (8-3) معادلات الإعتمادية ومؤشرات الأعطال بإسـتخدام التوزيـع الأسى

جدول (8-1) الدوال المتعلقة بالإعتمادية

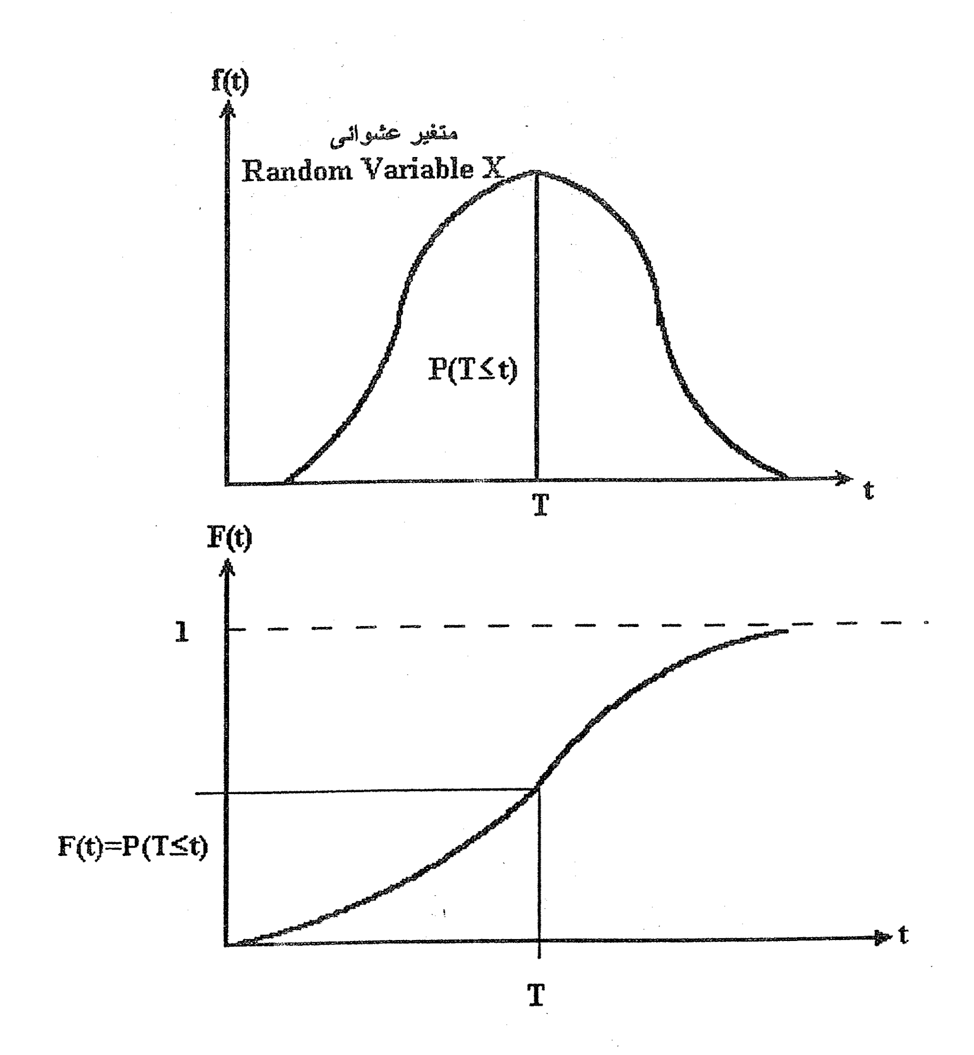
الدالة	المعادلة	توضيح
دالة توزيع العطل Failure distribution function	$F(t) = P(T \le t)$ $= \int_0^t f(\tau)d\tau$ عندما $t \geqq 0$	F(t) =probability density function دالة كثافة الإحتمالية= T =time to failure الزمن حتى العطل= يوضح شكل (8-1) العلاقة بين f(t) &F(t)
دالة الإعتمادية (أو دالة البقاء) Reliability function أو (Survivor function)	$R(t) = P(T > t)$ $= 1 - F(t)$	يوضح شكل (8-2) تعريف دالة الإعتمادية

تابع جدول (8-1)

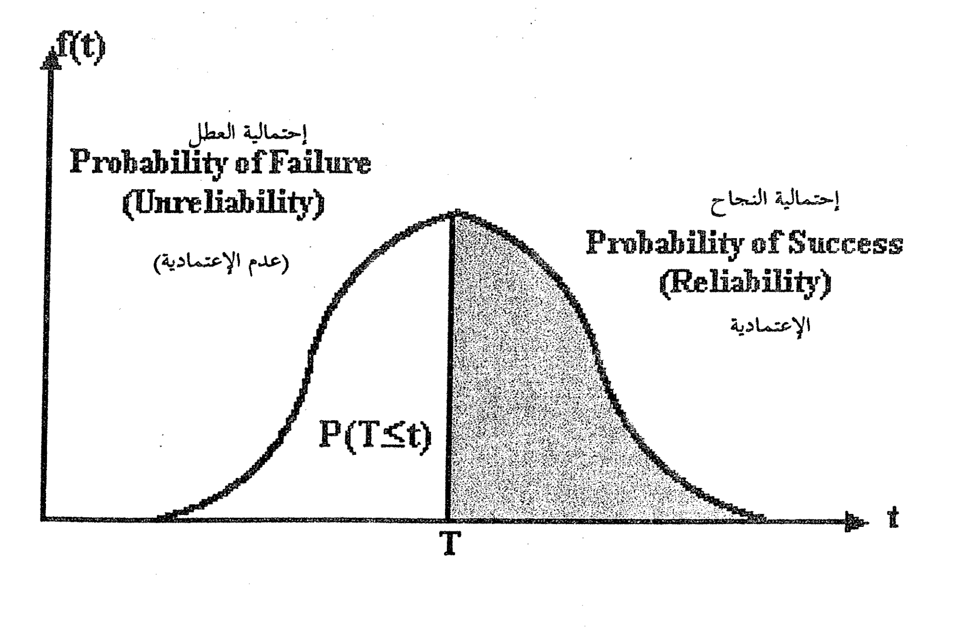
الدالة	المعادلة	توضيح
الإحتمالية المشروطة Conditional Probability	$P(t < T \le t+\Delta t \mid T > t)$ $= \dfrac{P(t < T \le t+\Delta t)}{P(T > t)}$ $= \dfrac{F(t+\Delta t) - F(t)}{R(t)}$	• الإحتمالية المشروطة هى عدم حدوث عطل قبل الزمن t و حدوث عطل فى الفترة $t \le \tau \le +\Delta t$ • الخط الرأسى ا يشير إلى " الشرط" ففى المعادلة شرط الإحتمالية أن تكون T>t و يكتب كالآتى: $\mid T>t$
معدل العطل Failure rate	$\lambda(t) = \lim\limits_{\Delta t \to 0} P(t < T \le t+\Delta t \mid T > t)$ $= \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{F(t+\Delta t) - F(t)}{R(t)}$ $= \dfrac{f(t)}{R(t)}$	

تابع جدول (8-1)

الدالة	المعادلة	توضيح
متوسط الزمن حتى العطل **Mean time to failure (MTTF)**	$MTTF = E(T)$ $= \int_{0}^{\infty} t f(t) dt$ $= \int_{0}^{\infty} R(t) dt$	
دالة الإعتمادية المشروطة **Conditional Reliability Function**	$R(t \mid T) = \frac{R(T+t)}{R(T)}$	تسمح حسابات الإعتمادية المشروطة بإنه يتم حساب إحتمالية الوحدة لأداء المهمة المطلوبة بنجاح خلال فترة معينة .أى أن دالة الإعتمادية المشروطة تعنى إعتمادية المعدة المستعملة يوضح شكل (8-3) توضيح ذلك حيث: t =The duration of the new mission = فترة المهمة الجديدة T= The duration of the successfully completed previous mission = فترة المهمة السابقة المكتملة بنجاح

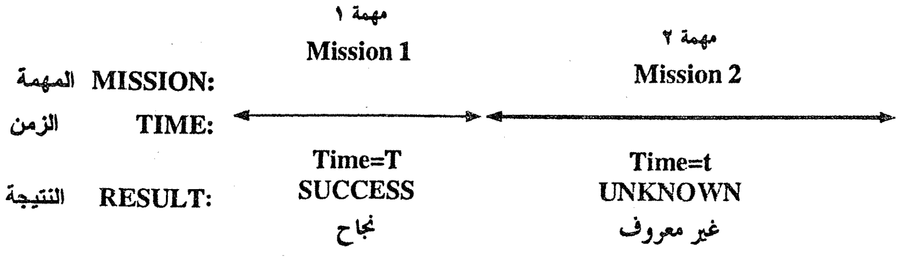


شكل (8-1) العلاقة بين F(t) &f(t)





شكل (8-2) الإعتمادية و عدم الإعتمادية



شكل (8-3) رموز تعريف دالة الإعتمادية المشروطة

جدول (2-8) العلاقة بين الإعتمادية و دوال الأعطال

المؤشر		f(t)	F(t)	R(t)	λ(t)
Probability density function دالة كثافة الإحتمالية	f(t)=	-	$\frac{dF(t)}{dt}$	$-\frac{dR(t)}{dt}$	$\lambda(t)\exp(-\int_0^t \lambda(\tau)d\tau)$
Failure distribution function دالة توزيع الأعطال	F(t)=	$\int_0^t f(\tau)d\tau$	-	$1-R(t)$	$1-\exp(-\int_0^t \lambda(\tau)d\tau)$
Reliability function دالة الإعتمادية	R(t)=	$\int_t^\infty f(\tau)d\tau$	$1-F(t)$	-	$\exp(-\int_0^t \lambda(\tau)d\tau)$
Failure rate معدل الأعطال	λ(t)=	$\frac{f(t)}{\int_t^\infty f(\tau)d\tau}$	$\frac{dF(t)/dt}{1-F(t)}$	$-\frac{d}{dt}\ln R(t)$	-

جدول (3-8) الإعتمادية و مؤشرات العطل باستخدام التوزيع الأسى

المعادلة	المؤشر
$R(t) = e^{-\lambda t}$	دالة الإعتمادية **Reliability Function**
$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$	دالة توزيع الأعطال **Failure Distribution Function**
$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$	دالة كثافة الأعطال **Density Function of Failure**
$z(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda$	معدل الأعطال **Failure Rate**
$MTTF = \int_0^\infty e^{-\lambda t} dt = 1/\lambda$	متوسط الزمن حتى العطل **Mean Time To Failure**
$R_{system}(t) = \prod_{i=1}^{n} R_i(t)$ $= e^{-\lambda_1 t} e^{-\lambda_2 t} e^{-\lambda_3 t}$ $= e^{-t(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + ...)}$ $= e^{\left(-t \sum_{i=1}^{n} \lambda i\right)}$	إعتمادية النظام **System Reliability**
$\lambda_{system}(t) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i$ $= \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + ...$	معدل العطل التراكمى **Cumulative Failure Rate**

الإختلاف بين مؤشرى معدل الأعطال وتكرار الأعطال
The difference between failure frequency and failure rate

بعض المصادر تعرف كل من معدل الأعطال وتكرار الأعطال بأنه عدد الأعطال لكل وحـــده زمن. ولكن يوجد اختلاف اساسى بين المؤشرين هو شرط إيجاد عدد الأعطال لكل وحـــدة زمن أى أن :

- يعرف تكرار العطل $r(t)$, عند الزمن (t), بأنه العدد المتوقع للأعطال (العطل الأول أو الثانى ، أو أى رقم) بين الزمن (t) & $(t+1)$
- يعرف معدل العطل $\lambda(t)$ ، عند الزمن (t), بأنه العدد المتوقع للأعطال بين الزمن (t) & $(t+1)$ أخذا فى الاعتبار "عدم حدوث أعطال" فى النظام أو المكون المرغوب فيـــه وذلك حتى الزمن t

ويعتبر التعبير" عدم حدوث أعطال " هو المميز بين مؤشـــرى معـــدل الأعطـــال وتكـــرار الأعطال. للنظام المتعرض لأعطال متعددة, يطبق معدل الأعطال فقـــط للعطـــل الأول. ولأن أساس معدل العطل يعتمد على الشرط "عدم حدوث أعطال" حتى الزمن t لذا فأنـــه يســـمى بمعدل العطل المشروط (conditional failure rate)

مادامت وحدة الزمن صغيرة (مثلا بالساعات) مقارنة بالعمر الحقيقى للنظام (والذى عادة يكون بالسنوات) ، لذا يعرف معدل العطل بالإحتمالية المشروطة لأعطال النظام بين (t) & $(t+1)$ أخذا فى الإعتبار "عدم حدوث أعطال" حتى الزمن t .

اذا كان النظام قابل للإصلاح, فإنه يخضع لدورات أعطال وإصلاح . هذا يعنى تعرض النظام لأعطال متعددة . خلال وحدات الزمن (t) & $(t+1)$ يوجد فرص لحدوث العطـــل الأول , و العطلَ الثانى,......, و يكون تكرار العطل عبارة عن أعطال غير مشروطة لكل وحدة زمن. ولذا يطلق عليه داله شدة العطل غير المشروط (unconditional failure intensity function) أو للتبسيط فإنها دالة شدة العطل .ونحصل على العدد المتوقع للأعطال خلال الزمن (t) من تكامل معادلة مؤشر تكرار العطل بين الزمن (0) & (t)

أيضا يسمى معدل العطل المشروط بأنه معدل المخاطرة h(t) (hazard rate) ، أو إحتمالية العطل اللحظى (instantaneous failure probability) أو المعدل (rate). وإذا تلى زمن العطل للنظام توزيع أسى (exponential distribution) فإن معدل العطل يكون ثابت بالنسبة للزمن. وهذا يشير إلى أن متوسط الزمن للعطل الاول (MTTFF) (mean time to first failure) يكون عكس معدل العطل.

تعرف الدالة f(t) للعدد المتوقع للأعطال الأولى بين الزمن (t) و (t+1) بدالة كثافة إحتمالية الأعطال (pdf) (failure probability density function) وتعرف أيضا بأنها التكرار (الأعطال لكل وحدة زمن) للعطل الأول عند الزمن (t). إذا كانت وحدة الزمن صغيرة جدا فإنه يمكن تعريف الدالة أيضا بأنها احتمالية العطل الأول بين الزمن (t) والزمن (t+1)

وتحسب دالة التوزيع التراكمى F(t) (cumulative distribution function) من العلاقة الآتية :

$$F(t) = \int_{0}^{t} f(x)\, dx$$

وفى بعض الحالات تعرف F(t) بأنها دالة توزيع العطل (failure distribution function) و من وجهة نظر دراسات الإعتمادية فان F(t) تكافىء عدم الإعتمادية (unreliability). ويطلق أيضا على الإعتمادية دالة البقاء R(t) (survival function) والتى تعرف تبعا للمعادلة الآتية :

$$R(t) = 1 - F(t)$$

وتحصل على دالة كثافة الاحتمالية من المعادلة التالية :

$$F(t) = h(t) * R(t)$$

حيث

f (t) = probability density function =دالة كثافة الإحتمالية

h(t) = hazard rate = معدل المخاطرة

R(t) = failure rate = معدل العطل

ولأن تكرار العطل يشير إلى عدد الأعطال، فإنه يسمى أحيانا بمعدل العطل (عدد الأعطال لكل وحدة زمن) .وعلى ذلك، ولتجنب إحتمال الإرتباك، فمن الأفضل إستخدام تعبير تكرار العطل (failure frequency) عندما يراد تعريف شدة العطل غير المشروط (عدد الأعطال لكل وحدة زمن).

للأنظمة القابلة للإصلاح، فإن زمن التشغيل لا يكون مستمرا، بمعنى آخر، توصف دورة الحياه بحالات تتابعية من زمن التشغيل (uptime) وزمن التوقف (down time) ، كما فى الشكل (4-8). حيث يعمل النظام حتى يعطل، ثم يتم إصلاحه ويعود مرة أخرى لحالة التشغيل الأصلية وبعد زمن عشوائى للتشغيل يعطل النظام مرة اخرى، ويتم إصلاحه مرة أخرى وهكذا.

إذا كان النظام قابل للأصلاح، والزمن يتجه إلى مالا نهايه (أزمنه التشغيل طويلـه)، فـإن تكرار العطل التقديرى يصل إلى قيمه مقاربه. وهذا يعنى أنه يمكن إهمال التغير فى التقدير عندما يتجه الزمن إلى مالا نهاية.

مثلا، اذا كان متوسط زمن التشغيل MUT (mean uptime) يساوى 1000 ساعة وكان متوسط زمن التوقف MDT (mean downtime) يساوى 100 ساعة، فإن المتوسط، المتوقع يكون عطل واحد لكل 1100 ساعة. وعلى ذلك يكون متوسط الزمن بين الأعطال (MTBF) هو 1100 ساعة وهو مجموع MDT & MUT.

كذلك تعرف الأزمنه MDT & MUT بأنها متوسط الزمن حتى العطل MTTF (mean time to failure) ومتوسط زمن الإصلاح (mean time to repair) MTTR على التوالى. ويكون تكرار العطل مساويا 1/1100 لكل ساعة.

عموما، MTBF يكافىء مقلوب تكرار العطل لحالة الاستقرار (steady- state failure frequency) $v(\infty)$

بفرض أن $A(\infty)$ هى إتاحية حالة الإستقرار للنظام (steady-state availability) فإن

$$MTBF = MTTF + MTTR$$
$$MTTF = A(\infty) * MTBF$$
$$MTTR = (1-A(\infty)) * MTBF$$

ذكر سابقا تعريف تكرار العطل بأنه شدة العطل غير المشروط. ماذا يعنى شدة العطل المشروط؟ هو العدد المتوقع للأعطال بين الزمن (t) & (t+1) معطى عند نظام تشغيلى عند الزمن (t).

هل هذا يعنى أن شدة الأعطال المشروطة تكافىء معدل الأعطال؟ فعليا، فإن الاجابة هى نعم ولا. وهذا يختلف من وجهة النظر النظرية. فى حسابات شدة الأعطال المشروطة، تكون الشروط ذات القيمة هى النظام التشغيلى عند الزمن (t). وفى حسابات معدل العطل، فإن الشروط ذات القيمة هى أن النظام لن يعطل حتى الزمن (t). عمليا، يعتمد ذلك على هل يؤخذ فى الاعتبار الأنظمة القابلة للإصلاح ؟ .

للانظمة القابلة للإصلاح، فإن هذه الشروط تختلف : فإن النظام يكون تشغيلى عند الزمن (t)، ولكن هذا لا يعنى أن النظام لم يعطل حتى الزمن (t) (والذى يمكن أن يكون قد عطل وتم إصلاحه). فى هذه الحاله، فإن شدة الأعطال المشروطة لا تكافىء معدل العطل.

وعلى ذلك، للأنظمة غير القابلة للإصلاح، فإن شدة الأعطال المشروطة تكافىء معدل العطل. وبإستخدام نفس المنطق، وذلك للأنظمة غير القابلة للإصلاح، فإن تكرار عطل النظام يكافىء دالة كثافة الإحتمالية، ويكون العدد المتوقع للأعطال مكافىء لعدم الإعتمادية.

<u>مثال1 :</u>

لنظام يحتوى على مكون واحد، يفرض أن :

λ = **failure distribution = 0.001**

μ= **repair time distribution = 0.01**

حيث أن النظام يحتوى على مكون واحد فإن معدل عطل النظام يكافىء معدل العطل للمكون أى أن :

$$h(t) = \lambda = 0.001$$
$$h(\infty) = \lambda = 0.001$$

وتحصل على تكرار عطل المكون من حاصل ضرب معدل العطل فى الإتاحيه.

فى هذا المثال فأن تكرار عطل النظام يكافىء تكرار عطل المكون.

$$\tau(t) = \lambda * A(t)$$
$$\tau(\infty) = \lambda * A(\infty)$$
$$= \lambda * \mu / (\lambda + \mu)$$
$$= 0.001 * 0.909091$$
$$= 0.0009$$

وعلى ذلك، فإن هذا المثال يوضح أن للنظام المحتوى على مكون واحد، فإن التعبيرين معدل عطل النظام وتكرار العطل غير متكافئين. حيث يساوى معدل عطل النظام 0.001 بينما يكون تكرار العطل للنظام مساويا 0.0009 تقريبا.

متوسط الزمن بين الأعطال
(Mean Time between Failures) (MTBF)

متوسط الزمن بين الأعطال هو مقياس كيفية إعتمادية المنتج وعادة يكون بوحدة الساعات، تعنى القيمة العالية لـ MTBF أن المنتج أكثر إعتمادية.

يحسب MTBF من المعادلة التالية :

$$MTBF = 1 / (\text{sum of all the part failure rates}) = 1/\lambda$$

متوسط الزمن بين الأعطال = 1/ (مجموع جميع معدلات أعطال الأجزاء)

وتحصل على احتمالية أن يعمل المنتج لبعض الزمن T بدون أى أعطال من المعادلة

$$R(T) = \exp(-T / MTBF)$$

<u>مثال 2 :</u>

لمنتج معين فإن متوسط الزمن بين الأعطال MTBF يساوى 250000 ساعة وأن زمن التشغيل 5 سنوات (اى 43800 ساعة) تحسب الإحتمالية كالآتى :

$$R = \exp(-43800 / 250000) = 0.839289$$

وهذا يعنى أنه يوجد إحتمالية بنسبة 83.9% لمنتج سيعمل لمدة 5 سنوات بدون أى أعطال أو أن 83.9% من الوحدات فى مجال العمل ستظل تعمل لمدة 5 سنوات.

مثال 3 :

لنظام تم تسجيل بيانات الإنقطاعات كالآتى :

M =Number of outages/month=41.4
N =System in Service =5611
DT=Unscheduled downtime =4:10 min./syst /year
=10:48 min./syst /year

أحسب MTBF & الإتاحية عند قيمتى DT

الحل:

$$MTBF = \frac{\text{Total Hours of Operation}}{\text{Outage frequency (OF)}}$$

$$= \frac{\text{الساعات الكلية للتشغيل}}{\text{تكرار الإنقطاع}}$$

$$OF = 12 * \frac{M}{N} = 12 * \frac{41.4}{5611} = 0.0885$$

$$MTBF = \frac{8760 \text{ hr}}{0.0885} = 98983 \text{ hr}$$

$$= 11.3 \text{ yr.}$$

$$A = Availability = \frac{\text{Up time}}{\text{Total time}} = \frac{\text{زمن التشغيل}}{\text{الزمن الكلى}}$$

الزمن الكلى =8760hr*60min=525600 min

$$A = \frac{(525600 - DT)}{525600}$$

$$A_1 = \frac{(525600 - 4.1)}{525600} = 99.9992\,\%$$

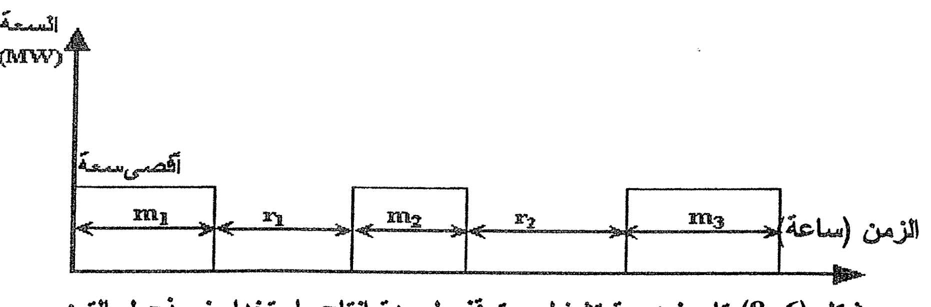
$$A_2 = \frac{(525600 - 10.8)}{525600} = 99.9979\,\%$$

مثال ٤:

يوضح شكل (5-8) مثال لنظام يتكون من ثلاثة مكونات مستقله ومتصلة على التوالى وهى A,B,C. لكل مكون توزيع لزمن الأعطال وتوزيع لزمن الإصلاح. وحيث أن المكونات متصلة على التوالى فإن عطل أى مكون يؤدى إلى عطل النظام. ويلاحظ توقف النظام لفترة مماثلة لفترة عطل المكون تحت الاصلاح.

مثال ٥

لشكل (6-8) إستنتج معادلتى MTTR& MTTF



شكل (6-8) تاريخ دورة تشغيل و توقف لوحدة إنتاج بإستخدام نموذج لحالتين

الحل:

يوضح شكل (6-8) تاريخ دورة تشغيل و توقف كالآتى:

$m_1, m_2, m_3, \ldots\ldots, m_n$=random periods of time when unit is in operation.

= دورة زمن عشوائيةعندما تكون الوحدة شغالة

$r_1, r_2, r_3, \ldots\ldots, r_n$=random periods of time when unit is under repair

= دورة زمن عشوائية عندما تكون الوحدة فى الإصلاح

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots\ldots + m_n}{n} \quad yr$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + \ldots\ldots + r_n}{n} \quad yr$$

حيث:

MTTF=mean time to failure

متوسط الزمن حتى العطل =

MTTR=mean time to repair

متوسط زمن الإصلاح =

λ =expected failure rate (failure/yr)

معدل العطل المتوقع=

μ =expected repair rate (repair /yr)

معدل الإصلاح المتوقع =

العلاقة بين الاعتمادية وسهولة الصيانة والإتاحية :

من المعروف أن :

- الإعتمادية (reliability) هى إحتمال عدم عطل المكون.
- سهولة الصيانة (maintainability) هى السهولة التى بواسطتها يمكن إبقاء النظام أو المكون فى حالة عمل أو هى إحتمال إستعادة المكون بنجاح بعد العطل.

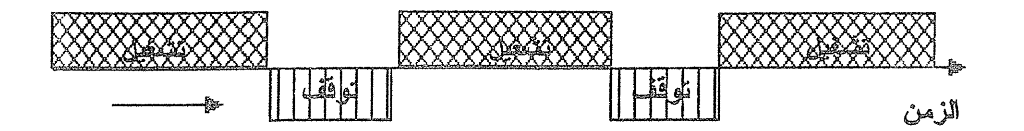
-الإتاحية (availability) هى إحتمال عمل المكون أو النظام عند زمن معطى (أى أن : المكون أو النظام لا يعطل أو أنه يستعاد بعد العطل)

وبمعنى آخر فإن الإتاحية هى إحتمال عدم عطل النظام أوإنه يخضع للإصلاح عند الإحتياج لإستخدامه.

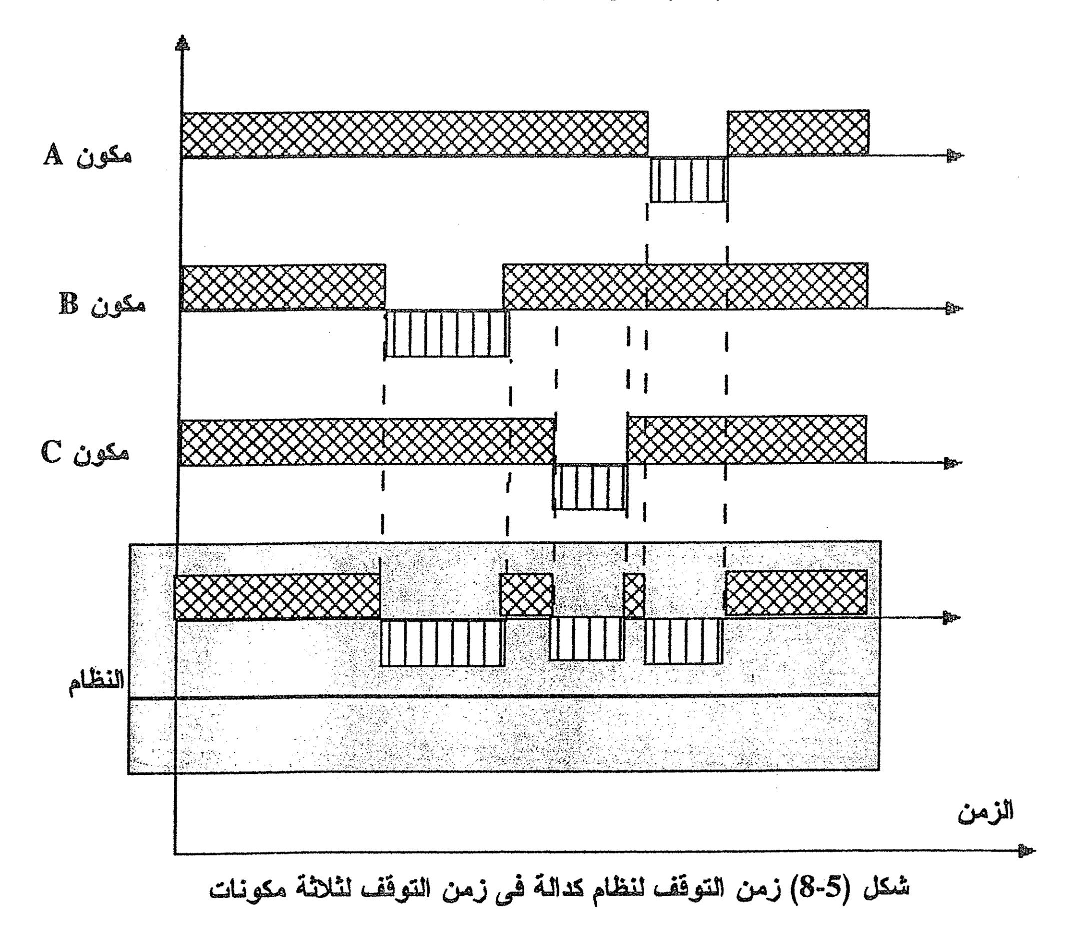
يوضح جدول (4-8) العلاقة بين الإعتمادية وسهولة الصيانة والإتاحية

جدول (4-8) العلاقة بين الاعتمادية وسهولة الصيانة والإتاحية

الإعتمادية Reliability	سهولة الصيانة Maintainability	الإتاحية availability
ثابته —	تنخفض ↓	تنخفض↓
ثابته —	تزيد ↑	تزيد ↑
تزيد ↑	ثابته —	تزيد ↑
تنخفض ↓	ثابته —	تنخفض ↓



شكل (8-4) تتابع حالتى التشغيل و التوقف

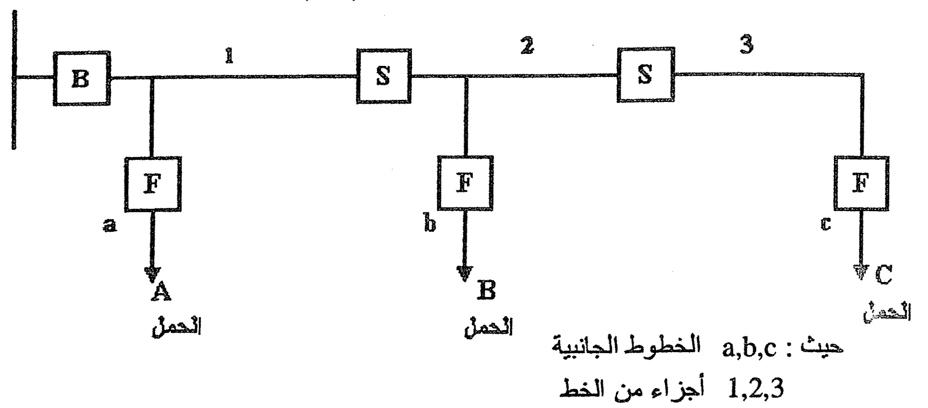


شكل (8-5) زمن التوقف لنظام كدالة فى زمن التوقف لثلاثة مكونات

الباب التاسع

أنماط الأعطال و تحليل التأثيرات
(Failure Modes and Effect Analysis) FMEA

تعتمد هذه الطريقة[4] على تقسيم الشبكة تحت الدراسة إلى أجزاء من الخط (Line-segments) وخطوط جانبية (laterals) كما فى شكل (9-1)



حيث : a,b,c الخطوط الجانبية
1,2,3 أجزاء من الخط
B,F,S معدات الوقاية

شكل (9-1) جزء من الشبكة الكهربائية

لحساب مؤشرات الإعتمادية للشبكة يجب تحديد:

- الأعطال المستمرة (Permanent) و المؤقتة (temporary)
- نظام الوقاية و نظام التحويل (switching) محتويا على الوقاية الخلفية (back-up protection)
- سبب عزل الكهرباء
  - من خلال تشغيل أجهزة الوقاية
  - من خلال التحويل (تشغيل القطاعى sectionalizer)

- إستعادة مصادر التغذية عن طريق
  - التصليح (إستعادة كاملة)
  - طرق التحويل (إستعادة جزئية)

تتلخص طريقة FMEA فى الآتى :

1- إعتبار كل جزء من الخط (segment) كنمط عطل (Failure mode) .

2- يؤثر عطل كل جزء من الخط على إعتمادية النظام

3- و عليه فإن خطوات طريقة FMEA هى

أ- تحديد كل أنماط الأعطال

ب- حساب تأثر كل نمط عطل على النظام

ج- جمع التأثيرات الناتجة عن كل الأنماط للحصول على مؤشرات مواضع الأحمال (Load point indices) الآتية:

- عدد الإنقطاعات عن المشترك فى السنة
- فترات الإنقطاعات عن المشترك فى السنة

د- بإستخدام مؤشرات موضع الأحمال يتم حساب مؤشرات النظام

4- إفتراضات:

أ- تكون عمليات الأعطال الدائمة و المؤقتة:

- مستقلة (لا تعتمد إحداها على الأخرى)
- تبادل غير شامل

ب- يلى زمن الوصول الداخلى (inter – arrival time) للعطل توزيع أســى (exponential distribution)

ج-يلى فترة التصليح (repair duration) فترة أسية

د- مكونات الإعتمادية لاتعتمد على الزمن

5- البيانات المطلوبة

أ- طوبولوجى [1] النظام (system topology)

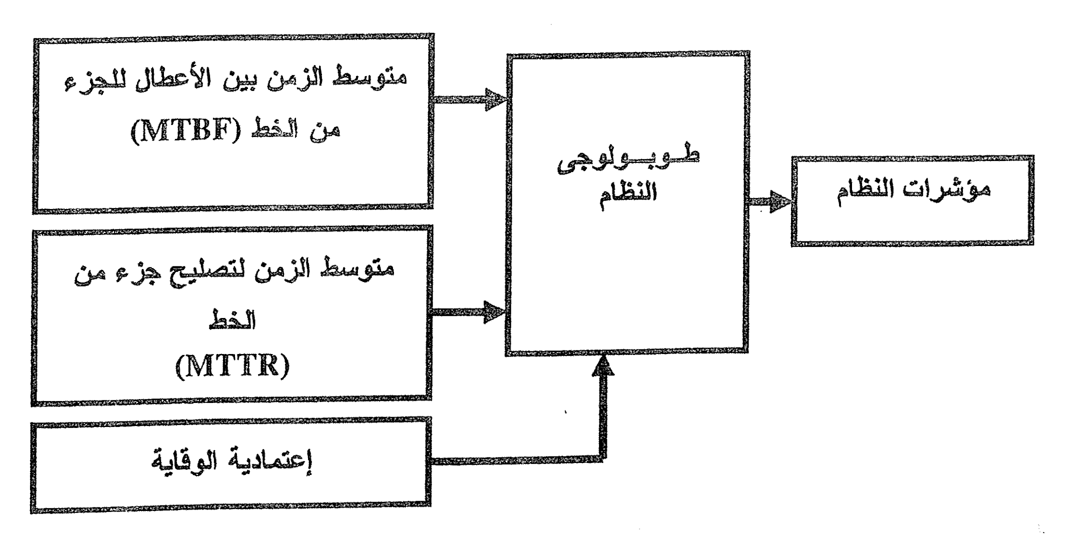
ب- معدل أعطال الجزء من الخط

- متوسط الزمن بين الأعطال (Mean Time Between Failures) MTBF

ج-معدل التصليح

- متوسط الزمن للتصليح MTTR (Mean Time To Repair)

و يوضح شكل (2-9) الربط بين البيانات المطلوبة لحساب مؤشرات الإعتمادية للنظام لتطبيق طريقة FMEA



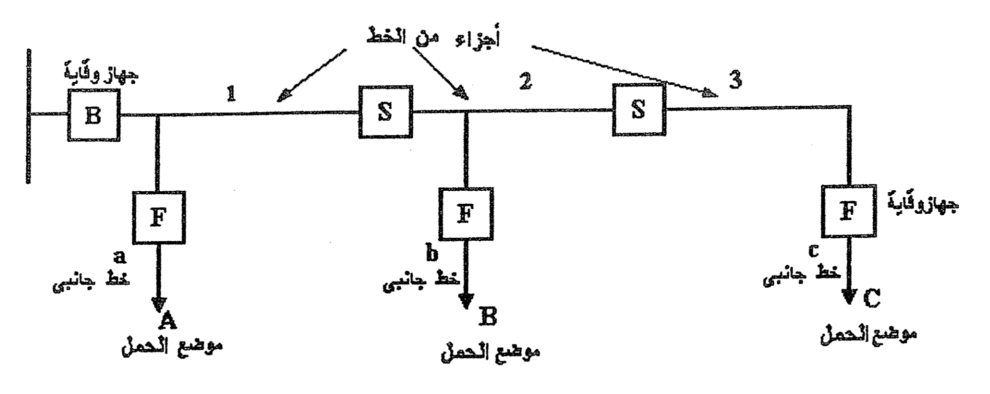
شكل (2-9) تمثيل الربط بين البيانات المطلوبة و مؤشرات النظام

---

(1) طوبولوجى:دراسة تخطيط الشبكة الكهربائية (القضبان و الخطوط) و أسلوب إرتباطها معا.

دراسة حالة (1)

يوضح شكل (3-9) جزء من شبكة أحمال . المطلوب حساب مؤشرات إعتمادية الحمل و مؤشرات إعتمادية النظام. يوضح جدول (1-9) بيانات الإعتمادية لكل مكون بالشبكة . مع مراعاة أن زمن التحويل (switching time) يساوى 0.5 ساعة.



شكل (3-9) الشبكة تحت الدراسة لحالة رقم (1)

جدول (9-1) بيانات الإعتمادية لدراسة حالة (1)

المكون	معدل الأعطال λ (عطل / السنة)	معدل التصليح r (ساعة)
الجزء (1) من الخط (segment 1)	0.1	5
الجزء (2) من الخط (segment 2)	0.2	5
الجزء (3) من الخط (segment 3)	0.3	5
خط جانبى a (Lateral a)	0.2	3
خط جانبى b (Lateral b)	0.4	3
خط جانبى C (Lateral C)	0.6	3

الحل

- موضع الحمل (A)

تتأثر مؤشرات الإعتمادية للأحمال عند الموضع A بحدوث أعطال على الأجزاء 3,2,1 و الخط الجانبى (a) و لذا لحساب هذه المؤشرات يؤخذ فى الأعتبار λ , r لهذه الخطوط كالآتى:

نمط العطل Failure mode	موضع الحمل A		
	λ (f/y)	r (hr)	U=λ*r (hr/y)
الجزء(1)	0.1	5	0.5
الجزء (2)	0.2	5	1.0
الجزء(3)	0.3	5	1.5
خط جانبى (a)	0.2	3	0.6
خط جانبى (b)	–	–	–
خط جانبى (c)	–	–	–
الإجمالى	0.8	4.5	3.6
	(1)	(3)	(2)

(الأجزاء المتناثرة من الشبكة: الجزء(1) إلى خط جانبى (a)؛ النتائج: الأعمدة λ و r و U)

تتم الحسابات كالآتى:

(1) تعنى : معدل العطل عند موضع الحمل A و نحصل عليها من $\lambda_A = \sum(\lambda)$
$=0.1 + 0.2 + 0.3 + 0.2 = 0.8$

(2) نحصل عليها من المعادلة

$$\sum(\lambda.r) = 0.1*5 + 0.2*5 + 0.3*5 + 0.2*3 = 3.6$$

(3) تعنى: متوسط فترة الإنقطاع لكل عطل عند موضع الحمل A و نحصل عليها من المعادلة :

$$r_A = \frac{\sum(\lambda.r)}{\sum\lambda} = \frac{3.6}{0.8} = 4.5$$

و على ذلك فإن مؤشرات الإعتمادية لموضع الحمل A هى:

$$\lambda_A = 0.8 \quad f/y \ \& \qquad r_A = 4.5 \quad hr$$

- موضع الحمل (B)

تتأثر مؤشرات إعتماديةالأحمال عند الموضع B بحدوث أعطال على الأجزاء 3,2,1 و الخط الجانبى (b) و يتم حساب هذه المؤشرات كالآتى:

نمط العطل Failure mode	موضع الحمل A			موضع الحمل B		
	λ (f/y)	r (hr)	U=λ*r (hr/y)	λ (f/y)	r (hr)	U=λ*r (hr/y)
الجزء(1)	0.1	5	0.5	0.1	5	0.5
الجزء (2)	0.2	5	1.0	0.2	5	1.0
الجزء(3)	0.3	5	1.5	0.3	5	1.5
خط جانبى (a)	0.2	3	0.6	--	--	--
خط جانبى (b)				0.4	3	1.2
خط جانبى (c)				--	--	--
الإجمالى	0.8	4.5	3.6	1.0	4.2	4.2

$$\lambda_B = 0.1+0.2+0.3+0.4=1$$

$$\sum(\lambda \bullet r) = 0.1*5+0.2*5+0.3*5+0.4*3 = 4.2$$

$$r_B = \frac{\sum(\lambda \bullet r)}{\lambda_B} = \frac{4.2}{1} = 4.2$$

وعلى ذلك فإن مؤشرات الإعتمادية لموضع الحمل B هى :

$\lambda_B = 1 \quad f/y$ & $\quad r_B = 4.2 \quad hr$

• موضع الحمل (C)

تتأثر مؤشرات الإعتمادية للأحمال عند الموضع C بحدوث أعطال على الأجزاء 3,2,1 و الخط الجانبى (C) – و يتم حساب هذه المؤشرات كالآتى:

نمط العطل Failure mode	موضع الحمل A			موضع الحمل B			موضع الحمل C		
	λ (f/y)	r (hr)	U=λ*r (hr/y)	λ (f/y)	r (hr)	U=λ*r (hr/y)	λ (f/y)	r (hr)	U=λ*r (hr/y)
الجزء(1)	0.1	5	0.5	0.1	5	0.5	0.1	5	0.5
الجزء (2)	0.2	5	1.0	0.2	5	1.0	0.2	5	1.0
الجزء(3)	0.3	5	1.5	0.3	5	1.5	0.3	5	1.5
خط جانبى (a)	0.2	3	0.6	--	--	--	--	--	--
خط جانبى (b)	--	--	--	0.4	3	1.2	--	--	--
خط جانبى (c)	--	--	--	--	--	--	0.6	3	1.8
الإجمالى	0.8	4.5	3.6	1.0	4.2	4.2	1.2	4.0	4.8

$r_A \& \lambda_A$ $r_B \& \lambda_B$ $r_C \& \lambda_C$

مؤشرات موضع الأحمال A, B, C

$$\lambda_C = 0.1+0.2+0.3+0.6 = 1.2$$

$$\sum \lambda . r = 0.1*5+0.2*5+0.3*5+0.6*3 = 4.8$$

$$r_C = \frac{\sum \lambda r}{\lambda c} = \frac{4.8}{1.2} = 4$$

و على ذلك فإن مؤشرات الإعتمادية لموضع الحمل C هى

$\lambda_C = 1.2 \quad f/y$ & $\quad r_C = 4.0 \quad hr$

دراسة حالة (2)

بإستخدام نفس البيانات بدراسة حالة (1) مع الأخذ فى الأعتبار أن:

- زمن التحويل (switching time) يساوى 0.5 hr لجزئى الخط 3,2
- يتم التحويل بعد محو العطل فى إتجاه المصدر

و لحساب مؤشرات الإعتمادية لمواضع الأحمال C,B,A يتم الآتى:

- عند حساب المؤشرات عند موضع الحمل A يؤخذ فى الأعتبار أن r=0.5 لجزئى الخط 3&2
- عند حساب المؤشرات عند موضع الحمل B يؤخذ فى الأعتبار أن r=0.5 لجزء الخط 3
- عند حساب المؤشرات عند موضع الحمل C لا تتأثر الحسابات بزمن التحويل

يوضح الجدول التالى نتائج الحسابات

نمط العطل Failure mode	موضع الحمل A			موضع الحمل B			موضع الحمل C		
	λ (f/y)	r (hr)	U=λ*r (hr/y)	λ (f/y)	r (hr)	U=λ*r (hr/y)	λ (f/y)	r (hr)	U=λ*r (hr/y)
الجزء(1)	0.1	5	0.5	0.1	5	0.5	0.1	5	0.5
الجزء (2)	0.2	0.5	0.1	0.2	5	1.0	0.2	5	1.0
الجزء(3)	0.3	0.5	0.15	0.3	0.5	0.15	0.3	5	1.5
خط جانبى (a)	0.2	3	0.6	--	--	--	--	--	--
خط جانبى (b)	--	--	--	0.4	3	1.2	--	--	--
خط جانبى (c)	--	--	--	--	--	--	0.6	3	1.8
الإجمالى	0.8	1.5 (r_A)	1.35	1.0	2.85 (r_B)	2.85	1.2	4.0 (r_C)	4.8

و يلاحظ من هذا المثال : أن تحويل التغذية بعد محو العطل (Post-fault switching) يؤدى إلى إنخفاض فترة الإنقطاعات للأحمال جهة مصدر التغذية (Up stream load) أى أن $r_A < r_B < r_C$

الباب العاشر

أمثلة لتحليل الاعتمادية

Examples of Reliability Analysis

عادة تغذى شبكة توزيع الكهرباء المنشآت الصناعية أو التجارية أو الخدمية من خلال مصدر تغذية جهد متوسط (medium voltage)MV أو جهد منخفض (low voltage)LV و بإستخدام لوحات توزيع داخل المنشأة يتم توزيع الكهرباء بتصميم و تقسيم معين طبقا لعوامل متعددة مثل حمل المنشأة و القدرة الكهربائية و مساحة الموقع و .....و ذلك لتغذية كل الأحمال داخل هذه المنشأة.

توضح الأشكال من (1-10) إلى رقم (5- 10) أمثلة لشبكات التوزيع المستخدمة لتغذية منشأة من الجهد المتوسط.فى هذا الباب سيؤخذ فى الأعتبار التوقفات الإضطرارية (Forced Outages) فقط. حيث يتم إعداد الصيانة المبرمجة فى الفترات التى يمكن الإستغناء فيها عن الكهرباء. يمكن تقدير عدد مرات التوقفات المبرمجة (scheduled outages) و متوسط فترة الإنقطاع , و إذا كان ضروريا, فإنه يمكن إضافتها إلى التوقفات الإضطرارية.

فيما يلى بعض تعريفات الإنقطاع المستخدمة فى هذا الباب:

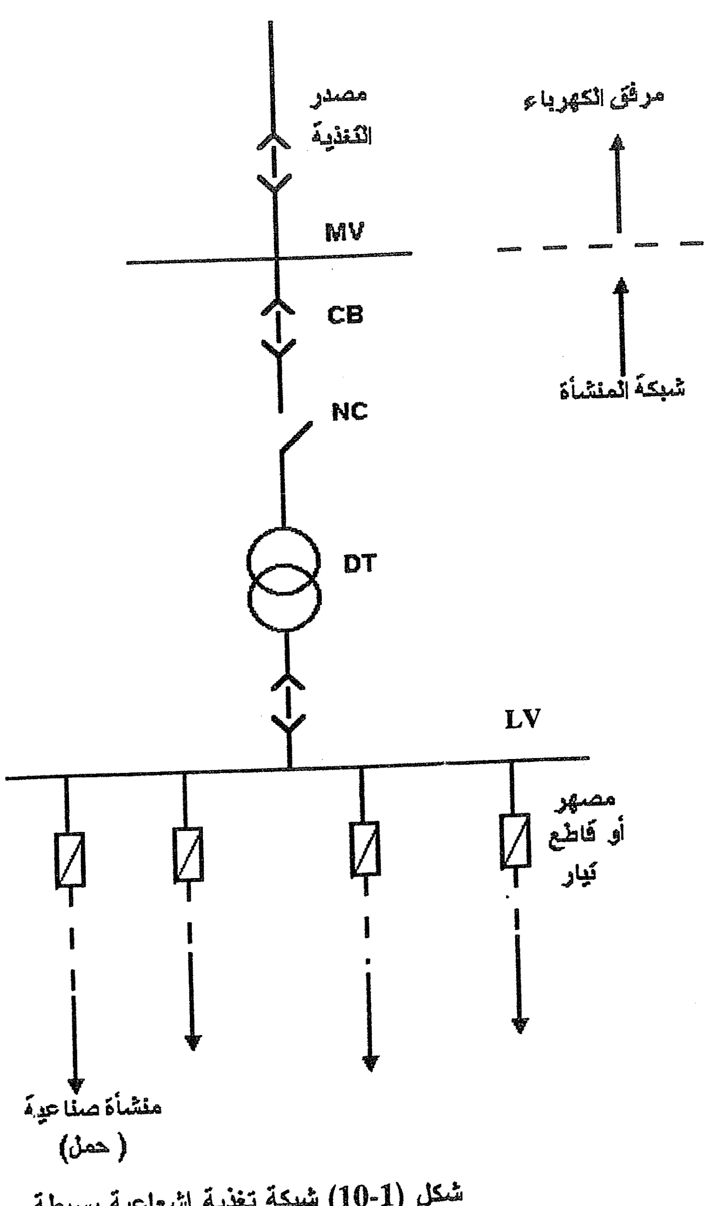
1- ضياع كامل لمصدر التغذية لفترة أكبر من دورة واحدة (cycle)

2- ضياع كامل لمصدر التغذية لفترة أكبر من 10 دورات

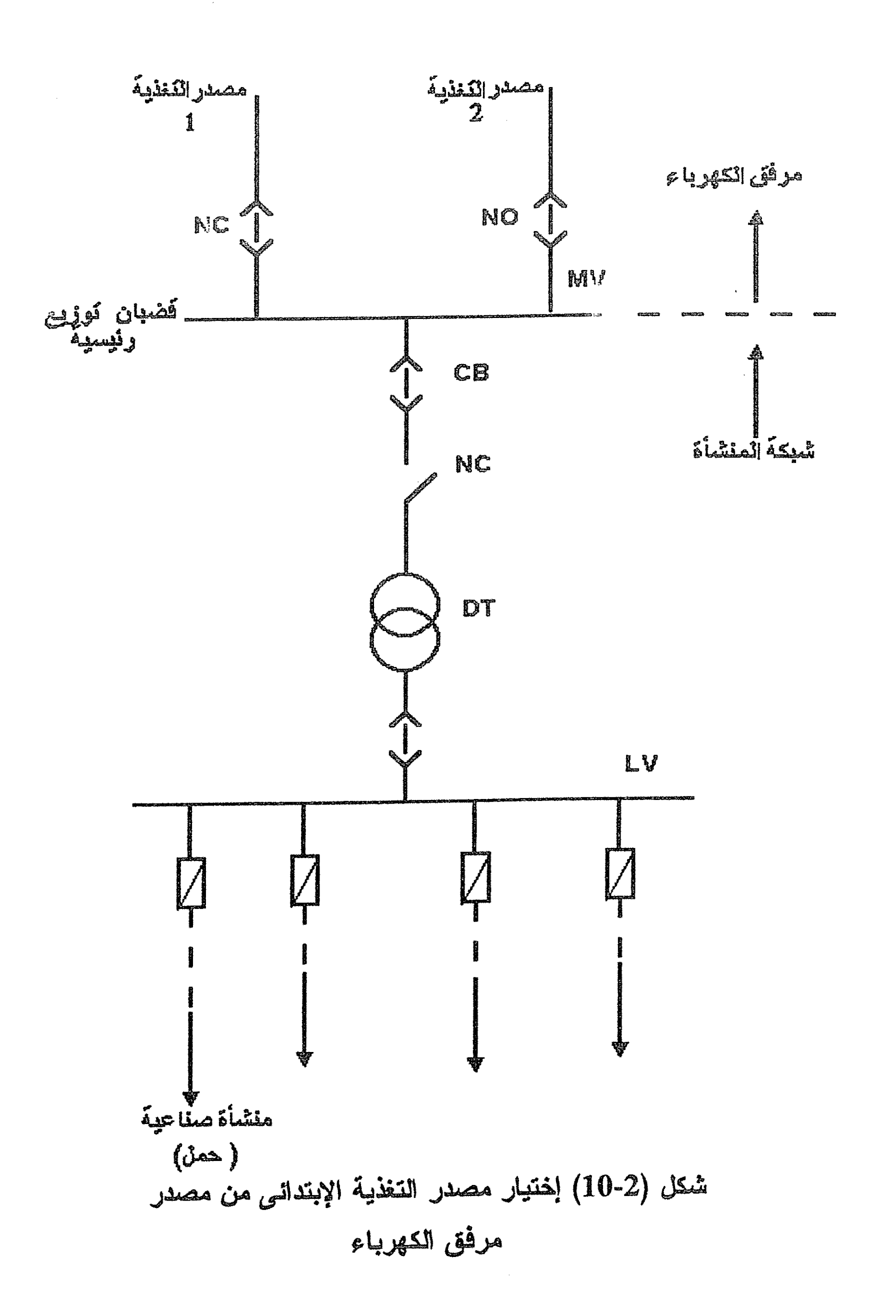
3- ضياع كامل لمصدر التغذية لفترة أكبر من 5 ثوانى

4- ضياع كامل لمصدر التغذية لفترة أكبر من 2 دقيقة.

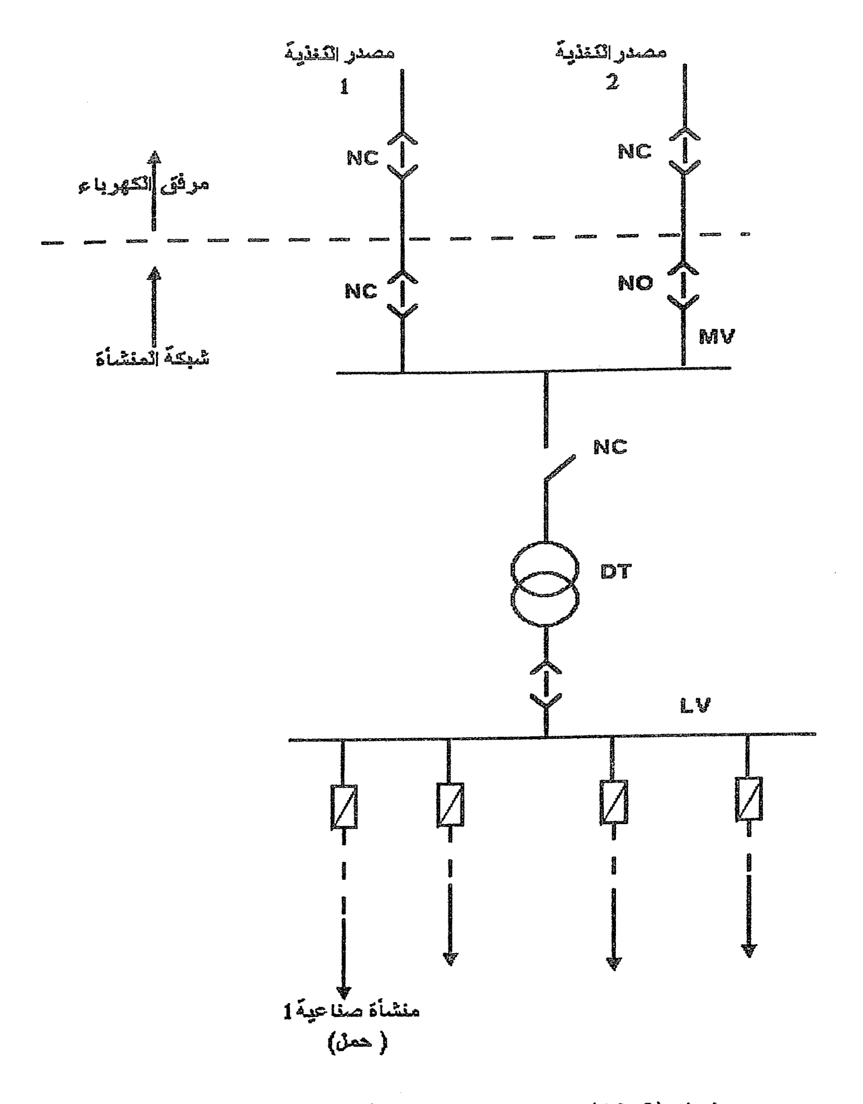
يراعى أن ضياع مصدر التغذية لفترة أكبر من 5 ثوانى يكون مؤثرا فى المعدات و الأجهزة الكهربائية.



شكل (1-10) شبكة تغذية إشعاعية بسيطة



شكل (2-10) إختيار مصدر التغذية الإبتدائى من مصدر مرفق الكهرباء



شكل (3-10) إختيار مصدر التغذية الإبتدائى من خلال قاطعى تيار جهد متوسط من جهة الحمل

شكل(4-10) إختيار مصدر التغذية الإبتدائي لمحول التوزيع

شكل(5-10) نظام إختيارى من الشبكة الثانوية

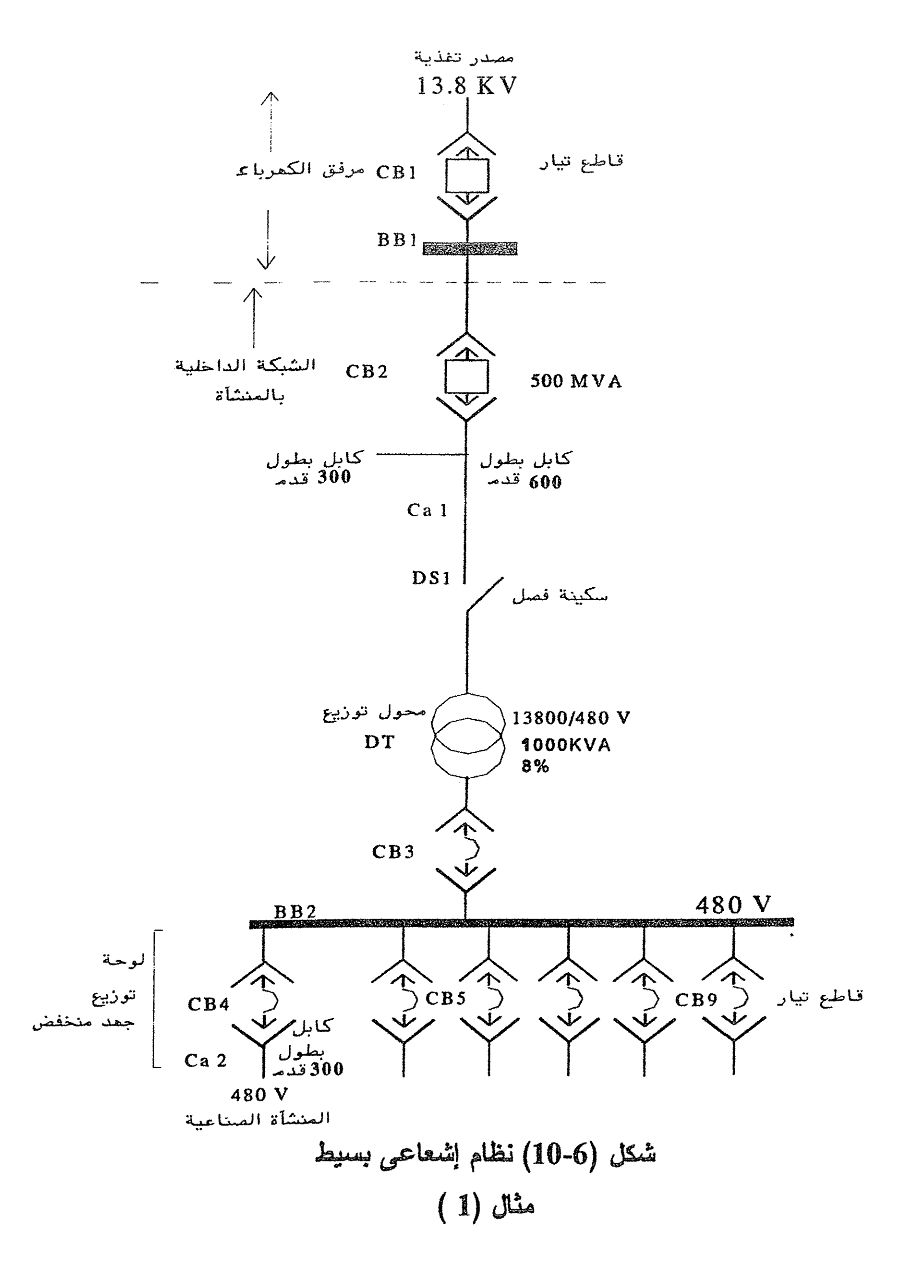
فيما يلى استعراض أمثلة من المرجع [1]

مثال 1 : تحليل الاعتمادية والاتاحية لنظام اشعاعى بسيط
(Reliability and Availability Analysis of a simple Radial System)

يوضح شكل (10-6) وصف نظام اشعاعى بسيط ، يتم استقبال مصدر التغذية عند قاطع التيار CB1 جهد 13.8 KV من كهرباء المرفق (أو شركة توزيع الكهرباء) . ومن خلال قاطع التيار CB2 (Circuit breaker) يتم تغذية المنشأة والتى تتكون شبكتها من : كابل أرضى بطول 600 قدم ، سكينة فصل (disconnect switch) و محول توزيع جهد 13.8/0.48KV ، ثم قاطع تيار رئيسى CB3 جهد 480 فولت لتغذية لوحة توزيع جهد منخفض ومن خلال قاطع التيار CB4 تغذى المنشأة تحت الدراسة بكابل طوله 300 قدم .

يوضح جدول (10-1) الإعتمادية والإتاحية لكل مكون بالشكل (10-6)

يمثل تحديد الرتبة النسبية (relative ranking) لمشاركة كل مكون فى معدل تكرار العطل فى السنة عنصر هام . ويكون أكثرهم تأثيرا هو أكبرهم من حيث القيمة λ (كما فى جدول (10-2)) .كذلك يمثل تحديد الرتبة النسبية لمشاركة كل مكون فى ساعات الفصل الإضطرارى فى السنة عنصر هام . يوضح جدول (10-3) ترتيب تنازلى لمكونات مثال ١ من حيث أكبرهم لقيمة λr و يمكن توقع أن يتم فصل نظام توزيع القدره مرة كل سنتين لمدة 24 ساعة للصيانة المبرمجة. . عندئذ يجب إضافة هذا الزمن إلى بيانات الانقطاعات الموضحة بالجداول (10-1) & (10-2) & (10-3)



شكل (6-10) نظام إشعاعى بسيط

مثال (1)

من هذه النتائج نلاحظ أن :

1- يعتبر مصدر التغذية من مرفق الكهرباء هو المشـــارك الأكبر لكل من مؤشـــرى معدل تكرار العطل (λ) وساعات الفصل الاضطرارى فى السنة (λr) وذلك عند نقطة استعمال جهد 480V

من هذه الملاحظة نستنتج أن لتحسين كل من معدل تكرار العطل وتخفيض ساعات الفصــل الاضطرارى فى السنة فإنه يوصى باستخدام مصدرين تغذية من الشبكة الكهربائية بدلا من مصدر واحد جهد 13.8kV وهذا ما سيتضح من الأمثلة التالية .

2- يعتبر المحول المشارك الأكبر الثانى لمؤشر ساعات الفصل الاضطرارى فى السنة .

يــكون مؤشــر معــدل تكرار العطل منخفض جدا ، ولكن له زمن انـــقطاع طويــل 342 ساعة {أى أن 342 = (1.026/0.003) = ($\lambda r/r$) } .

وهكذا لباقى مكونات الشبكة ...

يمكن تخفيض زمن الانــقطاع الطويل بإستبدال الوحــدات العاطلة من الوحدات الاحتياطية (replace with spare) ولــيس عن طريــق إصلاح الوحــدات العـــاطلة (repair failed unit).

جدول (1-10) الاعتمادية والاتاحية للمنشأة عند جهد 480V (مثال 1)

المكـــــــــــون	الرمز المستخدم فى شكل (1)	معدل تكرار العطل فى السنة (λ)	ساعات الفصل الاضطرارى فى السنة (λr)
مصدر التغذية جهد 13.8KV	CB1	1.956	2.582
متممات الوقاية (عدد 3 متممات)		0.006	0.003
قاطع التيار interlaced 13.8 KV	CB2	0.0036	0.2992*
القضبان المعزولة لحقل المفاتيح (متصلة بقاطع واحد)		0.0034	0.0911
كابل ارضى 900 قدم (جهد 13.8kv)	Ca.1	0.0055	0.1458*
نهايات الكابلات جهد 13.8KV(عدد6)		0.0018	0.0450
سكينة فصل	DS1	0.0061	0.0220
المحول	DT	0.0030	0.0260*
قاطع تيار جهد 480V	CB3	0.0027	0.0108
قضبان توزيع (متصلة بعدد 7 قواطع)	BB2	0.0024	0.0576
قاطع تيار جهد منخفض 480 V (رئيسى)	CB4	0.0027	0.0108
قواطع تيار جهد منخفض 480V (عدد 5 قواطع) (إنهيار أثناء الفتح)	CB5 ...CB9	0.0012	0.0048
كابل جهد 480V 300 قدم	Ca.2	0.0004	0.0044
نهايات كابلات جهد 480V (عدد 2)		0.0002	0.0008
الإجمالى عند مخرج جهد 480V		$\Sigma\lambda$=1.9896	$\Sigma\lambda r$=4.3033

*بيان ساعات التوقف (down time) لكل عطل موضوعه على أساس إصـلاح الوحـدة العاطلة

جدول (2-10) الرتبة النسبية لمعدل تكرار العطل لنظام اشعاعى بسيط

المكون	معدل تكرار العطل فى السنة λ
مصدر التغذية من مرفق الكهرباء	1.956
كابلات واطراف النهاية جهد 13.8KV	0.0055+0018.=0.0073
سكينة فصل	0.0061
قاطع التيار 13.8KV	0.0036
قضبان جهد 13.8KV	0.0034
المحول	0.0030
قاطع تيار 482V	0.0027
قاطع تيار رئيسى 480V	0.0027
قضبان جهد 480V	0.0024
قواطع التيار جهد 482V (عدد 5)	0.0012
كابلات واطراف النهاية جهد 480V	0.0004+0.0002=0.0005
متممات الوقاية (عدد 3)	0.0006
الاجمالى	1.9896

جدول (3-10) المرتبة النسبية لساعات الفصل الاضطرارى فىالسنة لنظام اشعاعى بسيط

المكون	ساعات العطل الاضطرارى فى السنة λr
مصدر التغذية من مرفق الكهرباء	2.582
المحول	1.0260*
قاطع التيار 13.8KV	0.2992*
كابلات واطراف النهاية جهد13.8V	0.1458+0.0450=0.1908*
قضبان جهد 13.8KV	0.0911
قضبان جهد 482V	0.0576
سكينة فصل	0.0220
قاطع تيار 480V	0.0108
قاطع تيار رئيسى 480V	0.0108
كابلات واطراف النهاية جهد 480V	0.0044+0.00008=0.0052
قواطع التيار جهد 480V (عدد 5)	0.0048
متممات الوقاية (عدد 3)	0.0030
الاجمالى	4.3033

* بيان ساعات الفصل لكل عطل موضوعه على أساس إصلاح الوحدة العاطلة

مثال (2)

تحليل الاعتمادية والاتاحية لنظام اختيار مصدر التغذية الابتدائى من مصدر مرفـق الكهربـاء - (Reliability and availability analysis of primary - selective to MV utility supply)

يوضح شكل (10-7) وصف هذا النظام والذى يشبه النظام الإشعاعى البسيط الموضح فى شكل (10-6) مع اختلاف فى إضافة مصدر تغذية ثانى جهد 13.8KV من مرفق الكهرباء . ويكون الوضع العادى للمصدر الثانى هو وضع الفصل (disconnected) وعند حدوث عطل على مصدر التغذية الأول عندئذ يتم تحويل التغذية على المصدر الثانى بفرض أن مصدرى التغذية من مرفق الكهرباء فى توافق تزامنى (synchronize)

سنتعرض لحالتين هما :

الحالة (أ) : نفرض أنه يتم التوصيل اليدوى للمصدر الثانى بعد حدوث عطل بالمصدر الأول و ذلك بزمن تحويل 9 دقائق

الحالة (ب) : نفرض أنه يتم توصيل المصدر الثانى بعد حدوث عطل بالمصدر الأول آليا بزمن تحويل أقل من 5 ثوانى (ويلاحظ ان ضياع مصدر التغذية لفترة أقل من 5 ثوانى لا يمثل العطل)

يوضح جدول (10-4) معدل العطل وزمن التوقف (downtime) فى حالة التغذية من مصدرى تغذية من مرفق الكهرباء.

جدول (10-4) اعتمادية مصدرى تغذية مرفق الكهرباء

عدد الدوائر (لجميع الجهود)	معدل العطل فى السنة λ	ساعات التوقف لكل عطل r	ساعات التوقف الاضطرارى فى السنة λ r
دائرة احادية	1.956	1.32	2.582
دائرتين: - فى حالة ضياع الدائرتين - فى حالة ضياع دائرة واحدة (بينما الاخرى فى الخدمة)	0.312 1.644	0.52 0.15	0.1622 0.2466

فى الحالة (أ) نلاحظ من جدول (4-10) , عند التغذية من مصدر واحد والمصدر الاخر مفصول. عند حدوث عطل على مصدر التغذية فإن المصدر الآخر يوصل التغذية يدويا بعد 9 دقائق وفى هذه الحالة تكون $\lambda=1.644$ فى السنة ، يضاف إلى ذلك معدل العطل فى حالة ضياع المصدرين $\lambda=0.312$ فى السنة

ويوضح جدول(5-10) اعتمادية المنشآة عند جهد 480V (فى الحالة أ) .

ومن هذا الجدول يتضح أن $\lambda = 1.9896$ وهى نفس المعدل فى المثال رقم 1 بينما تنخفض ساعات الانقطاعات الإضطرارية فى السنة إلى 2.1304 ساعة .

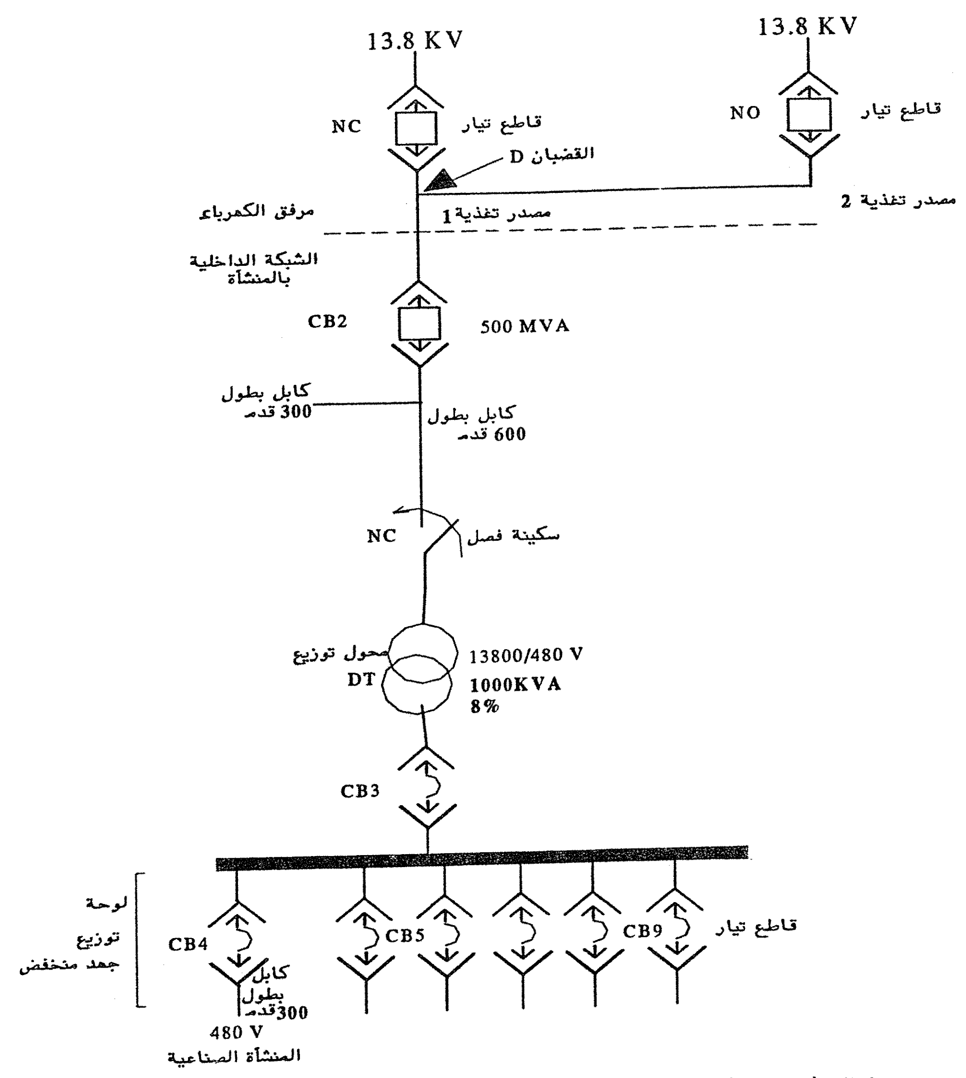
فى الحالة (ب) يتم توصيل قاطع التيار الإحتياطى آليا (المصدر الثانى) بعد 5 ثوانى من إنقطاع التغذية من المصدر الأساسى (المصدر الأول) وهذه الحالة لا يمثل إنقطاع تغذية المصدر . أى تأثير.

من جدول (4-10) نلاحظ أن معدل العطل فى السنة لهذه الحالة $\lambda=0.312$

وأن ساعات التوقف الإضطرارى فى السنة 0.1622 ساعة .

يوضح جدول (6-10) إعتمادية المنشآة عند جهد480V (مثال 2ب)

و يبين جدول (7-10) مقارنة بين نتائج مثال (1) و مثال (2)أ&ب ,



شكل (7-10) إختيار مصدر التغذية الإبتدائى من مصدر مرفق الكهرباء مثال (2)

جدول (5-10) اعتمادية المنشآة عند جهد 480V (مثال 2أ)

المكـــــــــــون	معدل تكرار العطل فى السنة λ	ساعات الانقطاعات الاضطرارية فى السنة λr
احد مصدرى التغذية جهد 13.8KVمن مرفق الكهرباء	1.644	0.2466
ضياع مصدرى التغذيـة جهـد 13.8KV مـن مرفـق الكهرباء	0.312	0.1622
متممات الوقاية (عدد3)	0.0006	0.003
قاطع التيار 13.8KV	0.0036	0.2992*
قضبان جهد 13.8KV	0.0034	0.0911
كابل أرضى بطول 900 قدم 13.8kV	0.0055	0.1458*
نهايات كابلات جهد 13.8KV (عدد 6)	0.0018	0.0450
سكينة فصل	0.0061	0.0220
المحول	0.003	1.0260*
قاطع تيار 480V	0.0027	0.0108
قضبان جهد 480V	0.0024	0.0576
قاطع تيار رئيسى 480V	0.0027	0.0108
قواطع تيار جهد 480V (عدد5)	0.0012	0.0048
كابل جهد 480V	0.0004	0.0044
نهايات كابلات جهد 480V (عدد2)	0.0002	0.0008
الاجمـــــــــــالى	$\Sigma\lambda=1.9896$	$\Sigma\lambda r=2.1304$

جدول (6-10) أعتمادية المنشآة عند جهد 480V (مثال 2 ب)

المكـــــــون	معدل تكرار العطل فى السنة λ	ساعات الانقطاعات الاضطرارية فى السنة λr
ضياع مصدرى التغذية جهد 13.8 KV من مرفـق الكهرباء	0.312	0.1622
متممات الوقاية (عدد3)	0.0006	0.003
قاطع التيار 13.8kV	0.0036	0.2992
قضبان جهد 13.8KV	0.0034	0.0911
كابل ارضى 900 قدم 13.8kV	0.0055	0.1458
نهايات كابلات جهد 13.8KV (عدد 6)	0.0018	0.0450
سكينة فصل	0.0061	0.0220
المحول	0.0030	1.0260
قاطع تيار 480V	0.0027	0.0108
قضبان جهد 480V	0.0024	0.0576
قاطع تيار رئيسى 480V	0.0027	0.0108
قواطع تيار جهد 480V (عدد5)	0.0012	0.0048
كابل جهد 480V	0.0004	0.0044
نهايات كابلات جهد 480V (عدد2)	0.0002	0.008
الاجمـــــــــالى	$\Sigma\lambda=0.3456$	$\Sigma\lambda r=1.8838$

جدول (7-10) مقارنة نتائج مثالى 1 & 2

نظام التوزيع	معدل العطل فى السنة λ	ساعات الانقطاعات الاضطرارية λr
مثال 1 : نظام اشعاعى بسيط	1.9896	4.3033
مثال 2أ : اختيار مصدر التغذية الابتدائى من مصدرى مرفق الكهرباء (عن طريق تحويل المصدر الثانى يدويا بعد 9 دقائق من حدوث العطل)	1.9896	2.1304
مثال 2 ب : اختيار مصدر التغذية الابتدائى من مصدر مرفـق الكهرباء (عن طريق تحويل المصدر الثانى أليا بعد 5 ثوانى)	0.3456	1.8835

من الأمثلة 1 & 2أ & 2ب نلاحظ تحسن معدل الأعطال بنسبة 6:1 عند نقطة الاسـتخدام 480V نتيجة تحول مصدر التغذية علىالجهد المتوسط أليا فى خلال 5 ثوانى بعد حـدوث عطل على مصدر التغذية الرئيسى .

مثال3

يوضح شكل (8-10) تغذية منشأة عند جهد 480V من خلال قاطعى تيار على التوالى (أحداهما خاص بمرفق الكهرباء والآخر بشبكة المنشأة) كمصدرين للتغذية سنتعرض لحالتين هما :

- الحالة (أ) يتم توصيل مصدر التغذية الثانىيدويا بعد 9 دقائق من خلال مفتاح تحويل .
- الحالة (ب) يتم توصيل مصدر التغذية الثانى آليا بعد 5 ثوانى من خلال مفتاح تحويل.

يوضح جدول (8-10) نتائج الاعتمادية لهذا المثال

ونستنتج من هذا الجدول الاتى :

- أن ساعات الإنقطاع الإضطرارى فى السنة أقل 10% عن النتيجة المقابةبالمثال رقم 2
- أن معدل الأعطال تقريبا متساوى مع نتائج المثال رقم 2

شكل (8-10) إختيار مصدر التغذية الإبتدائى من قواطع التيار جهد متوسط جهة الحمل مثال (3)

جدول (8-10) حل مثال 3أ & 3ب

المكون	مثال 3أ (زمن التغير 9 دقائق)		مثال 3ب (زمن التغير اقل من 5 ثوانى)	
	معدل الانهيار فى السنة λ	ساعات الانقطاع الاضطرارى فى السنة λr	معدل الانهيار فى السنة λ	ساعات الانقطاع الاضطرارى فى السنة λr
مصدر التغذية جهد 13.8KV (ضياع المصدر 1 فقط) متممات الوقاية (عدد 3) قاطع تيار 13.8KV	1.644 0.0006 0.0036			
المجموع خلال قاطع التيار 13.8kv والذى يوصل بعد 9 دقائق من عطل المصدر 1(المصدر2 سليم)	1.6482	0.2472		
ضياع كل من مصدرى التغذية معا القضبان المعزولة (موصله بقاطعى تيار)	0.312 0.0068	0.1622 0.1822	0.312 0.0068	0.1622 0.1822
المجموع عند القضبان E (شكل3)	1.9670	0.5916	0.3188	0.3444
كابل (13.8KV) 900 قدم (كابل ارضى)	0.0055	0.1458*	00055	0.1458*
نهايات كابلات جهد 13.8KV (عدد6)	0.0018	0.0450	0.0018	0.0450
سكينة فصل	0.0061	0.0220	0.0061	0.0220
محول	0.0030	1.0260*	0.0030	1.0260*
قاطع تيار رئيسى 480V	0.0027	0.0108	0.0027	0.0108
قضبان جهد 480V (متصلة بعدد 7 قواطع تيار)	0.0024	0.0576	0.0024	0.0576
قاطع تيار 480V	0.0027	0.0108	0.0027	0.0108
قواطع تيار جهد منخفض (عدد5 قواطع)	0.0012	0.0048	0.0012	0.0048
كابل ارضى بطول 300 قدم	0.0004	0.0044	0.0004	0.0044
نهايات كابلات 480V (عدد2)	0.0002	0.0008	0.0002	0.0008
المجموع عند مخرج جهد 480V	1.9930	1.9196	0.3448	1.6724

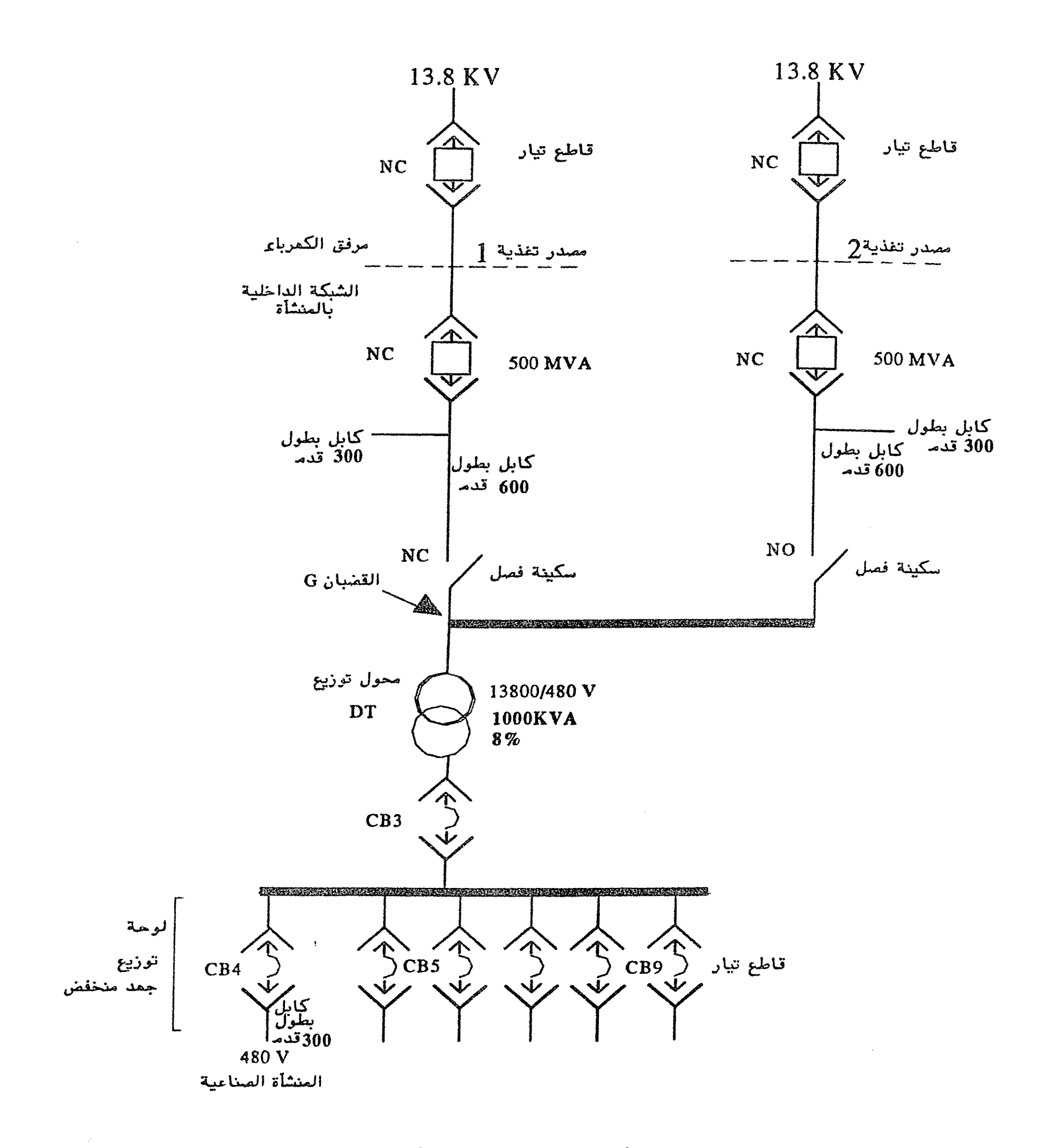
* بيانات ساعات التوقف لكل عطل موضوعه على اساس اصلاح الوحدة العاطلة

مثال 4

يوضح شكل (9-10) تمثيل لحالة الاختيار على أساس الجانب الإبتدائى للمحول .

سجلت النتائج بجدول (9-10) ويلاحظ من هذا الجدول الآتى :

- **أن ساعات الإنقطاع الإضطرارى فى السنة أقل 32% من النتيجة فى مثال 1**
- **أن معدل الاعطال تقريبا متساوى مع نتائج المثال رقم 1**



شكل (9-10) الأختيار من الجانب الأبتدائى للمحول
مثال (4)

جدول (9-10) حل مثال 4

المكون	(زمن التغير 1 ساعة) معدل الانهيار فى السنة λ	ساعات الانقطاع الاضطرارى فى السنة λr
مصدر التغذية جهد 13.8KV (ضياع المصدر 1 فقط)	1.644	
متممات الوقاية (عدد 3)	0.0006	
قاطع التيار 13.8KV	0.0036	
القضبان المعزولة (موصلة بقاطع تيار 1)	0.0034	
كابل (13.8KV) ، 900 قدم (كابل أرضى)	0.0055	
نهايات كابلات جهد 13.8KV (عدد6)	0.0018	
سكينة فصل	0.0061	
المجموع خلال سكينة الفصل والتى توصل بعد ساعة واحدة من ضياع المصدر 1(ويكون المصدر 2 سليم)	1.6650	1.6650
ضياع كل من مصدرى التغذية معا	0.312	0.1622
المجموع عند القضبان F	1.9770	1.8272
المحول	0.0030	1.0260*
قاطع تيار رئيسى480V	0.0027	0.0108
قضبان جهد 480V (متصلة بعدد 7 قواطع تيار)	0.0024	0.0576
قاطع تيار 480V	0.0027	0.0108
قواطع تيار 480V (عدد5 قواطع)	0.0012	0.0048
كابل جهد منخفض480V ، 300 قدم	0.0004	0.0044
نهايات كابلات480V (عدد2)	0.0002	0.0008
المجموع عند المخرج480V	1.9896	2.9424

*بيانات ساعات التوقف لكل عطل موضوعه على اساس اصلاح الوحدة العاطلة

مثال (5)

يوضح شكل (10-10) تمثيل لحالة الإختيار على الجهد المنخفض

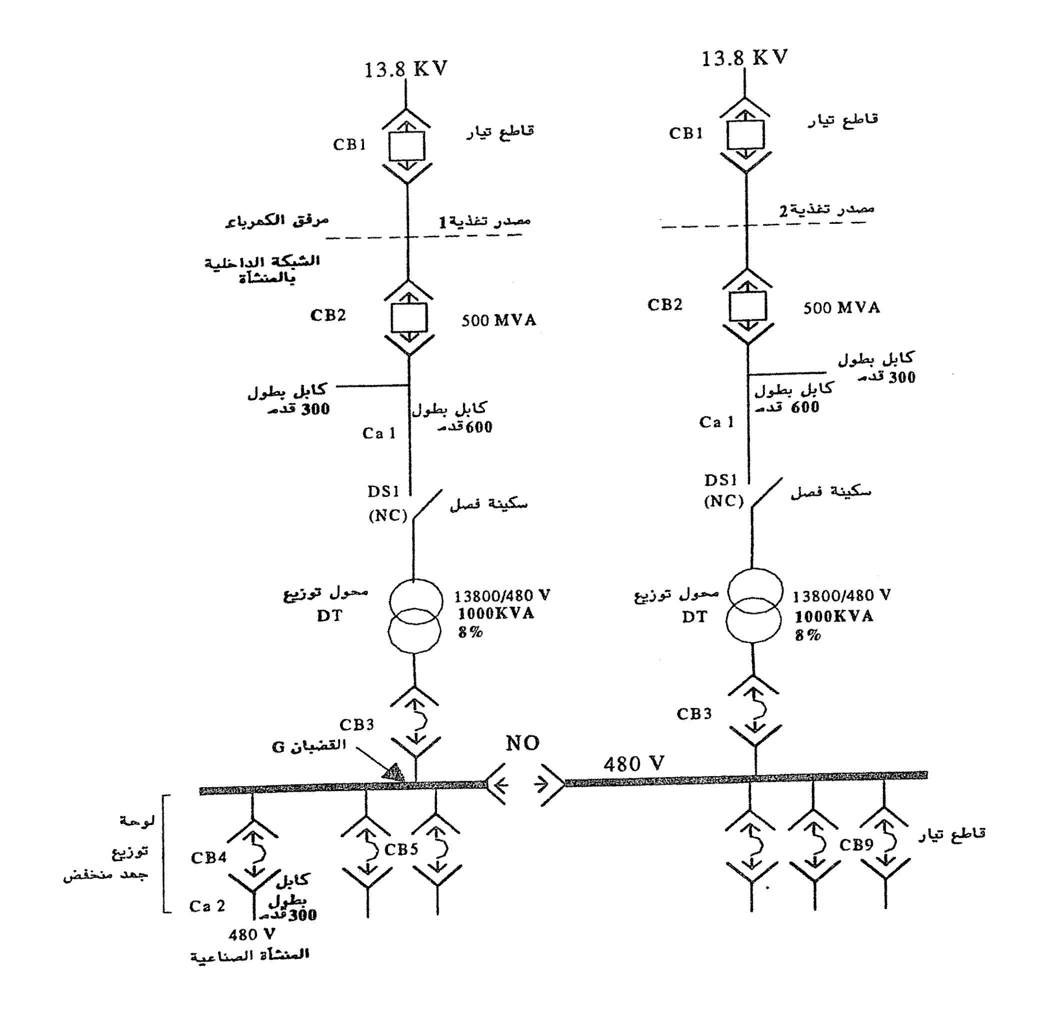
سنتعرض فى هذا المثال لحالتين هما :

- الحالة (أ) يتم توصيل مصدر التغذية يدويا بعد 9 دقائق من خلال مفتاح تحويل
- الحالة (ب) يتم توصيل مصدر التغذية آليا بعد 5 ثوانى من خلال مفتاح تحويل .

يوضح جدول (10-10) نتائج هذا المثال

من جدول (10-10) يتضح الاتى :

- أن زمن الإنقطاع الإضطراى فى السنة بالمثال 1 أكبر 19 مرة من نتائج المثال (5 ب) والمحتوى على زمن تغير بعد 5 ثوانى من العطل
- أن معدل الأعطال بالمثال 1 أكبر 6 مرات من نتائج المثال (5 ب)



شكل (10-10) نظام الأختيار على الجانب الثانوى
مثال (5)

جدول (10-10) حل مثال 5

المكون	مثال 5أ (زمن التغير 9 دقائق)		مثال 5ب (زمن التغير اقل من 5 ثوانى)	
	معدل الانهيار فى السنة λ	ساعات الانقطاع الاضطرارى فى السنة λr	معدل الانهيار فى السنة λ	ساعات الانقطاع الاضطرارى فى السنة λr
مصدر التغذية جهد 13.8KV (ضياع المصدر 1 فقط)	1.644			
متممات الوقاية (عدد 3)	0.0006			
قاطع تيار 13.8KV	0.0036			
القضبان المعزولة (موصلة بقاطع تيار 1)	0.0034			
كابل (13.8KV) 900 قدم (كابل ارضى)	0.0055			
نهايات كابلات جهد 13.8KV (عدد6)	0.0018			
سكينة فصل	0.0061			
محول	0.0030			
قاطع تيار رئيسى480V	0.0027			
المجموع خلال قاطع التيار الرئيسى 480V بمفتاح تحويل بزمن 9 دقائق بعد عطل المصدر 1 (المصدر 2 سليم)	1.6707	0.2506		
المجموع خلال قاطع التيار الرئيسى 480V بمفتاح تحويل بزمن اقل من 5 ثوانى بعد عطل المصدر 1 (المصدر 2 سليم)			0	0
ضياع كل من مصدرى التغذية معا	0.312	0.1622	0.312	0.1622
المجموع عند القضبان G	1.9827	0.4128	0.312	0.1622
قضبان جهد منخفض (عدد5 قواطع)	0.0017	0.0408	0.0017	0.0408
قاطع تيار 480V	0.0027	0.0108	0.0027	0.0108
قواطع تيار 480V (عدد 2)	0.0005	0.0020	0.0005	0.0020
كابل جهد منخفض 480V بطول 300 قدم	0.0004	0.0044	0.0004	0.0044
نهايات كابلات 480V (عدد2)	0.0002	0.0008	0.0002	0.0008
المجموع عند مخرج جهد480V	1.9882	0.4716	0.3175	0.2210

الباب الحادى عشر

الطرق العامة لتحسين الإعتمادية

General Ways to Improve Reliability

بعض الإقتراحات النموذجية لتحسين مؤشرات الإعتمادية

- تركيب أجهزة تحويل الحمل (Load transfers) بين المغذيات
- إنشاء محطات فرعية (substations) جديـدة و/أو إنشـاء توسـعات جديـدة بالمحطات الفرعية القائمة.
- إضافة أجهزة إعادة التوصيل (reclosers) بالخطوط
- إضافة مفاتيح قطاعية (sectionalizing switches)
- إضافة مغذيات عند نقط الربط (tie points)
- أن يكون عمل المغذيات آليا
- التوسع فى إستخدام الكابلات الأرضية
- إستبدال المعدات و المكونات القديمة

و من أكثر هذه العناصر شيوعا و إستخداما و التى طبقت بنجاح فى بعض الـدول و أدت إلى تحسين الإعتمادية ما يلى:

1- رفع كفاءة مسار التحويل (Transfer path upgrade)

يعرف مسار التحويل بأنه المسار البديل لتغذية الأحمال بعد حدوث العطل . إذا كان مسار التحويل محدد بحمل معين نتيجة صغر مقطع الموصل , عندئذ يمكن أن تكون التوصية بزيادة مقطع الموصل مكلفة فعليا . أى إنه يجب دراسة التكلفة أولا.

2- إضافة نقط ربط جديدة (New tie points)

نقطة الربط هى مفتاح مفتوح فى الوضع العادى و التـى تسـمح بتوصـيل المغذى إلى أقرب مغذى مجاور . أى إن إضافة نقط ربط جديدة تساعد علـى زيادة عدد مسارات التحويل المحتملة.

3- زيادة قطاعات الخطوط (Increased line sectionalizing)

تتم زيادة قطاعات خطوط المغذيات و ذلك بإضافة معدات تحويل تكون مغلقة فى الوضع العادى. إن إضافتها تحسن الإعتمادية حيث إنها تسمح بإجراءات ذات مرونة أكثر أثناء إعادة تنظيم و تشكيل الشبكة بعد حدوث العطل.

4- أوتوماتية المغذيات (Feeder automation)

إن إضافة نظام تحكم آلى عن بعد للمغذيات يسمح بإعادة تنظـيم و تشـكيل الشبكة بعد حدوث العطل.

توجد طرق متعددة لتخفيض فترات الإنقطاعات منها:

- تقليل الأعطال (مثل : تقليم الأشجار ، منع الحيوانات ، تركيب مانعات الصواعق ، حراسة الشبكات، ....)
- الإسراع فى تحديد و إصلاح الأعطال { عن طريق : مبينـات الـدوائر العاطلـة (faulted circuit indicators) , نظـم إدارة التوقـف (Outage management system) , تكييف مجموعات الصيانة و الإصلاح.....}
- الحد من عدد المشتركين المنقطع عنهم التغذية الكهربائية (بإضافة عدد أكثر من معدات الوقاية مثل المصهرات و قواطع إعادة التوصـيل الآلـى (reclosers) و القواطع العرضية (sectionalizers) ,...........
- أن يعزل فقط المشتركين اللذين يتعرضوا لأعطال دائمة (permanent faults) (و ذلك مثلا عن طريق إستبدال المصهرات بقواطع التوصيل الآلى)

خطة شركة كهرباء الباسيفيك لتحسين الإعتمادية [14]

وضعت شركة كهرباء الباسيفيك خطة لتحسين بعض مؤشرات الإعتمادية و هى : MAIFI & SAIDI &SAIFI لكل ولاية كالآتى:

1- أن يتم تحسين مؤشر SAIDI سنويا بنسبة 10% بين الأعوام 2003 إلى 2005
2- أن يتم تحسين مؤشر SAIFI سنويا بنسبة 10% بين الأعوام 2003 إلى 2005
3- أن يتم تحسين مؤشر MAIFI سنويا بنسبة 5% بين الأعوام 2003 إلى 2005
4- أن يتم تحسين أداء أسوأ خمسة دوائر توزيع بنسبة 20% خلال عامين
5- يتم إختيار خمسة دوائر جديدة فى كل ولاية سنويا خلال فترة خمسة سنوات

كذلك وضعت شركة كهرباء الباسيفيك جزاءات مالية مرتبطة بالإنقطاعات و توريد الطاقة الكهربائية كالآتى:

1- بعد حدوث الإنقطاع بسبب حالات الجو الشديدة , يجب إعادة التغذية الكهربائية خلال 24 ساعة . إذا لم يتحقق ذلك , يحصل المشترك السكنى على 50 دولار بينما يحصل المشترك التجارى على 100 دولار.
2- يتم توصيل التغذية الكهربائية خلال 24 ساعة عند طلب المشترك أو يحصل المشترك على 50 دولار.
3- يتم إبلاغ المشترك عن الإنقطاع المبرمج قبل يومين من حدوثه , إذا لم يحدث , يحصل كل مشترك على 50 دولار.

تعتبر هذه القيود جزء من برامج رفع مستوى الخدمة للمشتركين.

عند محاولة تحسين الإعتمادية لأحد الدوائر أو محاولة زيادة أعتمادية النظام فيجب إتباع الخطوات الرئيسية الآتية:

1- حدد الوسائل و الطرق و المعدات المناسبة للتطبيق
2- قيم تكلفة كل أختيار أو قيم إعادة تشكيل الشبكة (إذا كان هذا هو الإختيار)

3- قيم التحسين فى الإعتمادية لكل أختيار

4- صنف الأختيارات على أساس نسبة التكلفة إلى الفائدة (cost/benefit ratio)

عادة يكون التنبأ بالتكاليف مباشر و صريح و لكن التنبأ بالتحسين يكون غير مباشر . و يظهر هذا واضحا فى بعض المشاريع المختارة.

من المراحل الهامة لتحسين الإعتمادية ، مرحلة تحديد أى المعايير مطلوب أن تكون مثالية: هل مؤشر SAIFI أو SAIDI أو الأثنين معا أو شئ آخر مضاف ؟ عندئذ يمكن تصنيف الأختيارات (المشاريع) تبعا للهدف . بعض الإستبيانات أوضحت أن مؤشر تكرار الإنقطاعات هو الأكثر أهمية للمشترك . فى بعض البلدان , يرى جهاز حماية المستهلك أن مؤشرات فترات الإنقطاعات تكون أكثر أستحسانا للمشتركين....

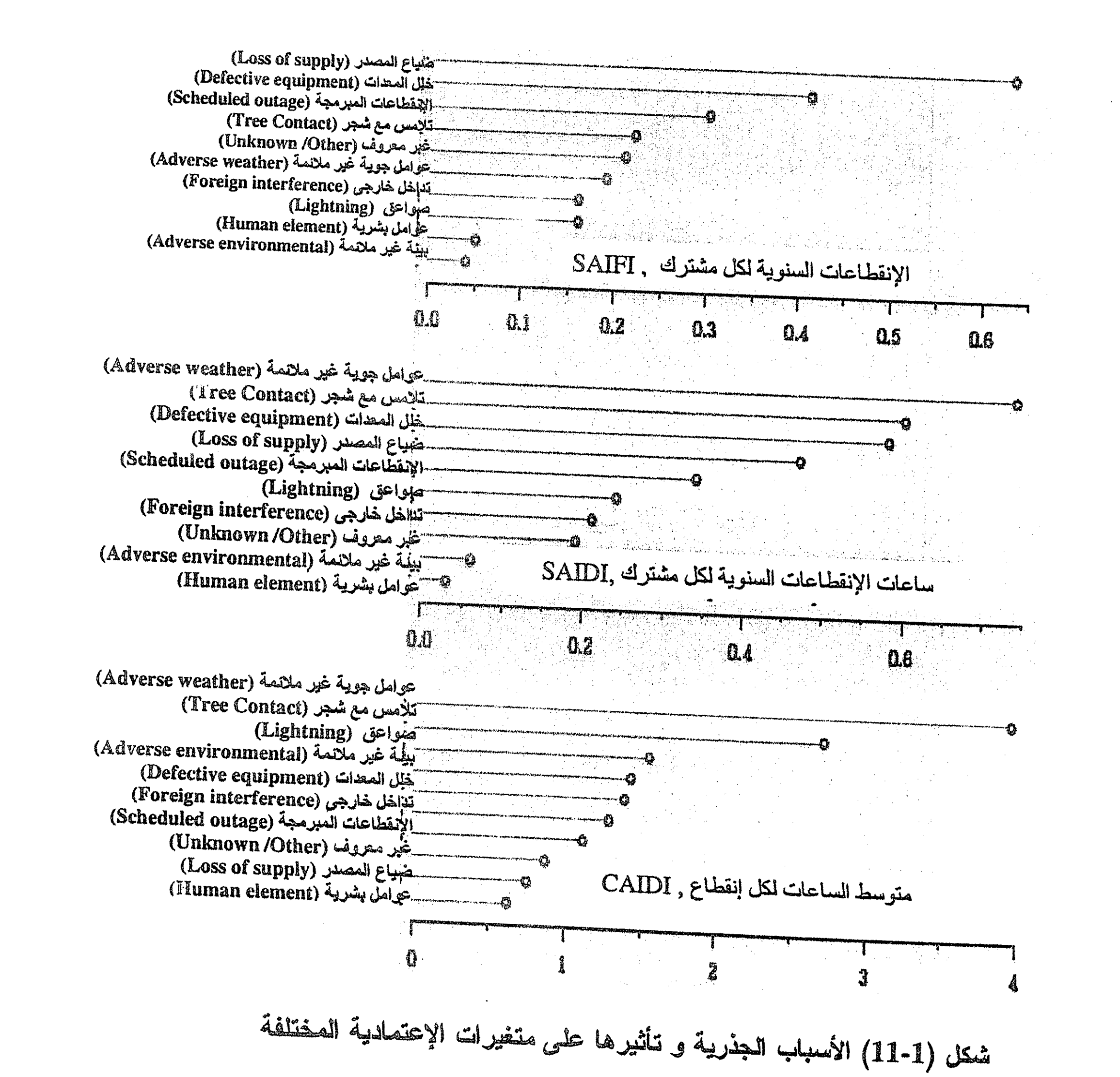
أهداف و ملامح أسباب الأعطال
(Identifying and Targeting faults causes)

يساعد تتبع نوع العطل فى تحديد أماكن تركيز و تكرار الأعطال و ما هى أكثر الأعطال شيوعا , ذلك للأستفادة منها فى إختيار و تحديد و إجراء التحسين. .فمثلا إذا كانت الحيوانات ليست أحد أسباب الأعطال , عندئذ لا نحتاج لإجراء حماية من الحيوانات . كثير من المرافق تصنف الأنقطاعات تبعا لتصنيف الملامح . و تستخدم ملامح الأعطال كقاعدة بيانات غنية بالمعلومات , التى يمكن أن تساعد فى تحسين خصائص الإعتمادية.

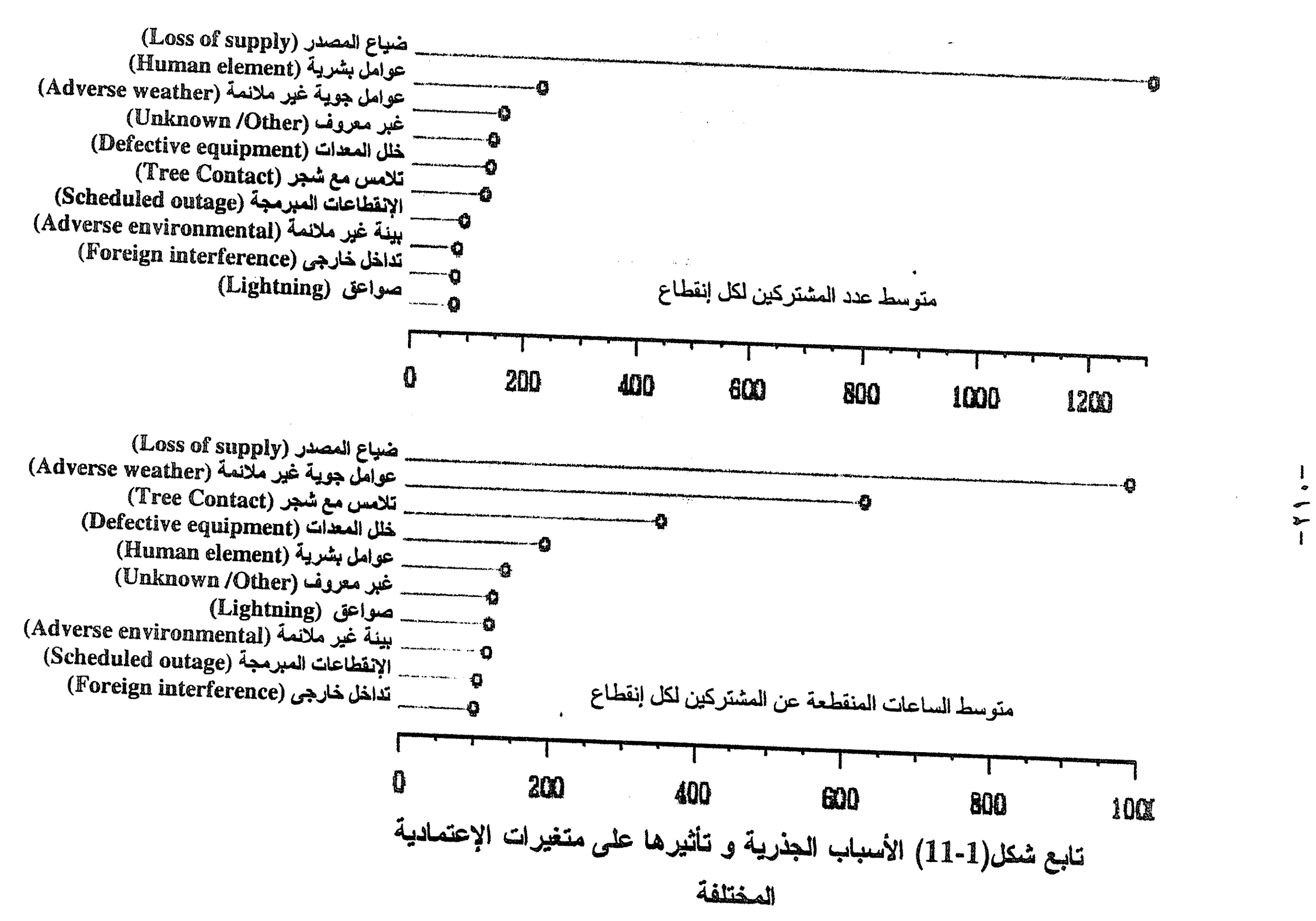
عموما تتأثرمؤشرات الإعتمادية المختلفة بالأسباب المتعددة للأعطال .يوضح شكل (11-1) تأثير الأسباب المختلفة للأعطال على متغيرات الإعتمادية المختلفة بشبكة مرافق كهرباءكندا.

يلاحظ فى هذا الشكل مثلا أن مؤشر CAIDI مرتفع نتيجة الأعطال بسبب الأشجار بينما عدد المشتركين المتأثرين منخفض.

تتبع هذه الأنواع من البيانات لمنطقة التشغيل تحت الدراسة يساعد فى تحديد المشاكل



شكل (11-1) الأسباب الجذرية و تأثيرها على متغيرات الإعتمادية المختلفة



تابع شكل(1-11) الأسباب الجذرية و تأثيرها على متغيرات الإعتمادية المختلفة

الأكثر شيوعا لنفس منطقة الخدمة . تتغير هذه الأعداد بشدة تبعا لحالة الجو و تشكيل الشبكة و كثافة الأحمال و عوامل أخرى.

أهداف و ملامح الدوائر (Identifying and targeting circuits)

عادة لايمكن التعامل مع جميع الدوائر بنفس الأهمية . فمثلا لا تقع القطاعات الأكثر أهمية فى الأماكن المحتوية على أكثر الأعطال لكل وحدة طول . و يجب أن يؤخذ فى الأعتبار عدد و نوع المشتركين لكل دائرة (أو خط تغذية) . مثلا , الدوائر بضواحى المدينة و التى تغذى مشتركين -بالقطاعات التجارية ذات تكنولوجيات عالية- يجب أن يضمن لهم تعاملات مختلفة عن الدوائر بالمناطق الريفية و التى تغذى عدد قليل من المشتركين بالقطاعات السكنية و الزراعية.

تقليل الأعطال

تمثل عملية تهذيب الأشجار (tree trimming) أحد الطرق المكلفة لتقليل الأعطال ببعض البلدان. و توجد بعض التوصيات العامة لنجاح عملية تهذيب الأشجار منها:

- نقل الأشجارإلى أماكن أخرى إن أمكن – و يعتبر ذلك أفضل تخطيط فعلى لتفادى الأعطال.
- الحذر عند نقل الفروع و الأشجار حتى لا تسقط على الخطوط . هذا يحتاج لإستخدام عمالة ماهرة فى تقليم و تهذيب الأشجار.

تكون الطريقة المثلى لتقليل أعطال الكابلات الأرضية أن يتم تحديد الأجزاء ذات الأعطال المتكررة و إستبدالها بأخرى.

كذلك إضافة معدات الوقاية الأوتوماتية و الإستعانة بمجموعة حزم من برامج الحاسبات الآلية للمساعدة فى إنشاء قاعدة بيانات لتحليل و دراسة الأعطال.

يمكن أن يساعد البحث و الكشف عن أعطال محددة فى تخفيض أعطال المغذيات الفرعية .

من الوسائل العملية لتحسين الإعتمادية:

أ- إستخدام أجهزة إعادة التوصيل أحادية الطور (single – phase recloser) بدلا من المصهرات , خاصة بالدوائر ذات التفريعات الطويلة.
كذلك يساعد إستخدام الأجهزة الأحادية فى النظام ثلاثى الأطوار فى إنه يفصل فقط الطور المتعرض لأعطال خط مع الأرض (line – to – ground) (و هذا النوع من الأعطال هو الأكثر شيوعا فى شبكات التوزيع)

ب- إستخدام المصهرات محددة التيار (current limiting fuses) و المصهرات الإلكترونية (electronic fuses) بعناية. هذا يؤدى إلى إنخفاض عدد الإنقطاعات خاصة عند إستخدام مصهرات بالمغذيات الفرعية

ج- إستخدام التحكمات الأتوماتية لأنظمة التوزيع

لماذا الأوتوماتية؟ Why Automation

توجد طريقتين رئيسيتين لتحسين إعتمادية أنظمة القوى . الطريقة الأولى هى تقليل عدد مرات تكرار الإنقطاعات , و الطريقة الأخرى هى إنخفاض فترة الإنقطاع بمجرد حدوث العطل . لتخفيض فترات الإنقطاعات يجب زيادة مستوى التحكمات الأوتوماتية للتأكد من إعادة (restoration) مصدر التغذية للمستهلكين المتأثرين بالإنقطاعات.

من الوظائف الهامة لتدعيم أنظمة القوى الأوتوماتية:

1. عزل الأعطال آليا
2. خدمة إعادة مصدر التغذية

فعند حدوث إنهيار أو عطل بالنظام , يتم العزل السريع للعطل و إعادة التغذية آليا حتى يسترد الحمل التغذية سريعا , و تكون النتيجة المميزة إنخفاض الخدمة غير المتاحة (service unavailability).

دراسات حالة[1]

لتوضيح تأثير التشغيل الأوتوماتى سنتعرض لدراسة حالة (1) و الموضحة فى شكل (2-11) و هى عبارة عن شبكة إشعاعية (radial) عادية و تحتوى على تغذية خلفية (feed -back).

تحتوى الشبكة على عدد 6 مواضع أحمال و بدون تحكم أوتوماتى عن بعد , ولكن تحتوى على مفاتيح بمصهرات (fuse – switches) و التى تستخدم غالبا كأجهزة وقاية بشبكات التوزيع . فى هذه الحالة , عند حدوث قصر دائرة (short-circuit) بالخط فإنه يؤدى إلى إنصهار المصهر. أى أن موضع الحمل هذا يظل مفصول حتى يتم إصلاح العطل , و لا يؤثر على باقى مواضع الأحمال.

فى هذا المثال يفرض أن الزمن اللازم لإعادة تشكيل (re-configuration) الشبكة يدويا يتم فى حوالى ساعتين و أن زمن إصلاح العطل 10 ساعات . يوضح جدول (1-11) بيانات المؤشرات r & λ للخطوط المرتبطة بمواضع الأحمال LP4 & LP5 & LP6 بينما يوضح جدول (2-11) مؤشرات الإعتمادية للنظام الموضح بشكل (2-11)

جدول (1-11) بيانات الشبكة بشكل (2-11)

الخط	λ (f/yr)	r (h)
L_1	0.025	2
L_2	0.075	2
L_3	0.05	2
L_4	0.025	10
L_5	0.05	2

جدول (2-11) مؤشرات الإعتمادية لمواضع الأحمال-دراسة حالة(1)

البيـــان		λ (f/yr)	r (h)	$U=\lambda r$ (h/yr)
موضع الحمل	الخط			
LP_4	L_1	0.025	2	0.05
	L_2	0.075	2	0.15
	L_4	0.025	10	0.25
	الأجمالى	$\Sigma\lambda=0.125$	$\Sigma\lambda r/\Sigma\lambda=3.6$	$\Sigma\lambda r=0.45$
LP_5	L_1	0.025	2	0.05
	L_2	0.075	2	0.15
	L_5	0.05	2	0.10
	الأجمالى	0.15	2	0.3
LP_6	L_1	0.025	2	0.05
	L_2	0.075	2	0.15
	L_3	0.05	2	0.10
	الأجمالى	0.15	2	0.3

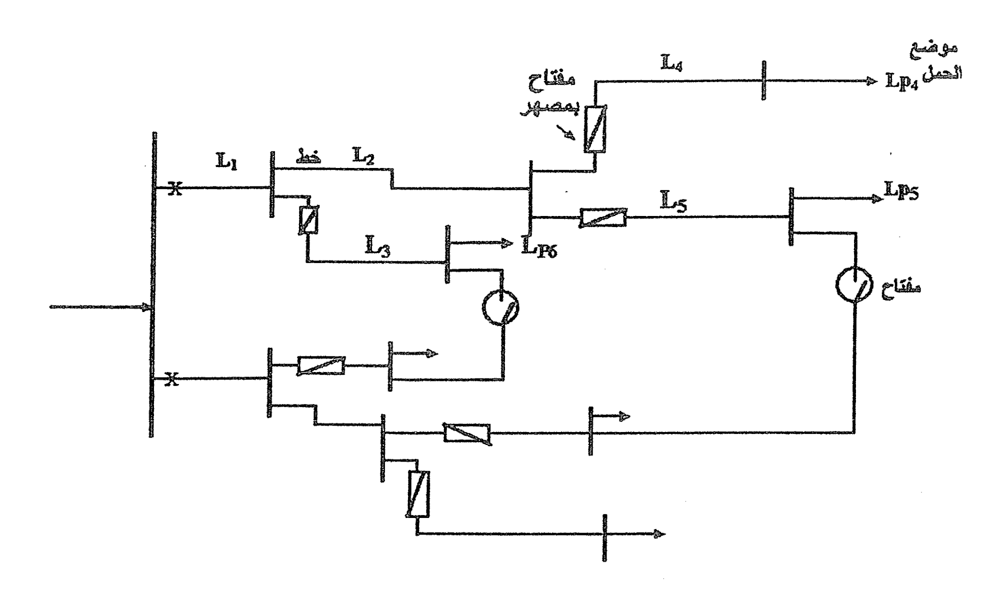
جدول (11-3) تلخيص مؤشرات الإعتمادية لمواضع الأحمال من جدول (11-2)

موضع الحمل	λ (f/yr)	r (h)	$U=\lambda r$ (h/yr)
LP_4	0.125	3.6	0.45
LP_5	0.15	2.0	0.30
LP_6	0.15	2.0	0.30
الإجمالى	$\Sigma\lambda=0.425$		$\Sigma U=1.05$

جدول (11-4) مؤشرات الإعتمادية للنظام - دراسة حالة (1)

المؤشر	المعادلة	قيمة المؤشر
SAIFI (int./yr. cust)	$\frac{\sum \lambda N}{\sum N}$	0.14
SAIDI (h/yr.cust)	$\frac{\sum UN}{\sum N}$	0.35
CAIDI (h/int)	$\frac{SAIDI}{SAIFI}$	2.5

فى هذه الحالة يمثل عدد المشتركين $\Sigma N=3$ و هى عدد مواضع الأحمال (LP_4,LP_5,LP_6).



شكل(2-11) دراسة حالة (1) تحتوى الشبكة على مفاتيح بمصهرات كحماية للخطوط

L_1,L_2,L_3............ الخطوط

مواضع الأحمال LP_4,LP_5,LP_6

دراسة حالة (2)

لتوضيح تأثير التشغيل الآلى و إعادة تشكيل الشبكة آليا يفرض أن :

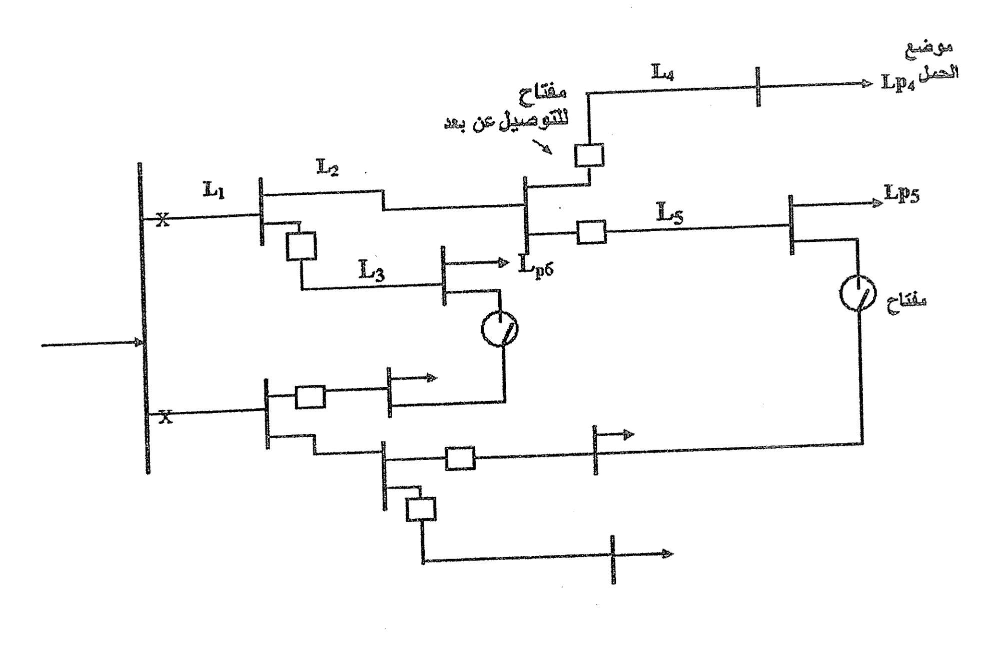
- يمكن أن يعاد تشكيل الشبكة آليا خلال ثوانى قليلة بعد حدوث العطل
- تعمل مفاتيح التحكم الآلى بنجاح عند الإحتياج (حدوث عطل)

يوضح شكل (3-11) تمثيل الشبكة فى هذه الحالة.

بإستخدام بيانات الشبكة λ & r بجدول (5-11) تم حساب مؤشرات الإعتمادية لمواضع الأحمال كما فى جدول (5-11)& (6-11)

جدول (5-11) مؤشرات الإعتمادية لمواضع الأحمال – دراسة حالة (2)

البيـــان موضع الحمل	البيـــان الخط	λ (f/yr)	r (h)	$U=\lambda r$ (h/yr)
LP_4	L_1	0.025	0.001	0.000025
	L_2	0.075	0.001	0.000075
	L_3	0.05	0.001	0.00005
	L_4	0.025	10	0.25
	L_5	0.05	0.001	0.00005
	الأجمالى	0.225	1.11	0.25
LP_5	L_1	0.025	0.001	0.000025
	L_2	0.075	0.001	0.000075
	L_3	0.05	0.001	0.00005
	L_4	0.025	0.001	0.000025
	L_5	0.05	0.001	0.00005
	الأجمالى	0.225	0.001	0.00023
LP_6	L_1	0.025	0.001	0.000025
	L_2	0.075	0.001	0.000075
	L_3	0.05	0.001	0.00005
	L_4	0.025	0.001	0.000025
	L_5	0.05	0.001	0.00005
	الأجمالى	0.225	0.001	0.00023



شكل (3-11) دراسة حالة (2) تحتوى الشبكة على مفاتيح للتوصيل عن بعد من خلال نظام أوتوماتى

جدول(11-6)تلخيص مؤشرات الإعتمادية لمواضع الأحمال من جدول (11-5)

موضع الحمل	λ (f/yr)	r (h)	$U=\lambda r$ (h/yr)
LP_4	0.225	1.11	0.25
LP_5	0.225	0.001	0.00023
LP_6	0.225	0.001	0.00023
الإجمالى	$\Sigma\lambda=0.675$		$\Sigma U=0.25$

جدول (11-7) مؤشرات الإعتمادية للنظام – دراسة حالة (2)

المؤشر	المعادلة	قيمة المؤشر
SAIFI (int./yr. cust)	$\frac{\sum \lambda N}{\sum N}$	0.225
SAIDI (h/yr.cust)	$\frac{\sum UN}{\sum N}$	0.08
CAIDI (h/int)	$\frac{SAIDI}{SAIFI}$	0.37

بمقارنة النتائج فى الجدولين (11-4)&(11-7) نلاحظ:

إنخفاض قيم مؤشرات الإعتمادية SAIDI& CAIDI بصورة ملحوظة فى حالة (2) عن الحالة (1) أى عند إستخدام نظام أوتوماتى تتحسن مؤشرات الإعتمادية بصورة جيدة.

مقترحات لتحسين إعتمادية الشبكة الكهربائية [15]

نشـرت جامعة كاليفورنيا (University of California) فى أغسـطس2001 ملخص لطرق تحسـين الإعتمادية للشبكة الكهربائية للمصـدر و للمشـتركين حيـث يوضـح جدول (8-11) طـرق تحسـين إعتماديـة المنظومـة الكهربائيـة لشـبكة كهربـاء المشـتركين.

و يوضح جدول (9-11) طرق تحسين إعتمادية المنظومـة الكهربائيـة لشـبكة مصـدر التغذية.

جدول (8-11) طرق تحسين إعتمادية المنظومة الكهربائية لشبكة كهرباء المشتركين

البرنامج	عناصر البرنامج	المطلوب لتحقيق التطبيق
كفاءة الطاقة (Energy efficiency)	• المواصفات القياسية لكفاءة الطاقة	• تطوير و تحديث المواصفات للأجهزة المنزلية و المعدات الكهربائية
	• إدارة طلب الطاقة	• مساعدة المشترك للوصول إلى بيانات حول تكاليف إستهلاك الطاقة و تحسينها من خلال إدارة طلب الطاقة
التكلفة البديلة / السعر الإختيارى (Alternating pricing)	• السعر طبقا للزمن الحقيقى أو زمن الإستعمال (Real –time pricing/time –of-use)	• تطبيق قوانين جديدة و/أو تغير التعريفة و التى تسمح للمشتركين بتفهم الأسعار الحقيقية للطاقة – و معرفة كمية الطاقة المستهلكة و زمن تشغيلها
	• الأحمال المفصولة / الحمل المعروض (interruptible loads/load bidding)	• لتطوير وتجهيز المشتركين الصغار بتكنولوجيات عدادات منخفضة التكاليف– حيث يمكن طرح أحمال المشتركين ذى الأحمال الصغيرة.

جدول (9-11) طرق تحسين إعتمادية المنظومة الكهربائية لشبكة مصدر التغذية

المكون	عناصر البرنامج	المطلوب لتحقيق التطبيق
توليد الكهرباء	• المحطات القائمة	• تحديث و رفع كفاءة مصادر التغذية بالمواقع الحالية (القائمة) و تشغيلها عند أقصى قيمة مثالية
	• إستخدام مصادر الطاقة الجديدة و التوليد المنتشر (distributed)	• وضع بروتوكول جديد قياسي للربط مع الشبكة
شبكة نقل القدرة	1-تحسين شبكة الإستعمال 2 - إدارة الشبكة	1-الدعوة إلى تطبيق برامج إزاحة الأحمال 2-تطوير تكنولوجيات مثالية جديدة 3- وضع أساسيات التنبأ بالأحمال على أساس الحالة الواقعية الحالية بدلا من متوسطات الأحمال لفترة طويلة
	1- التنبأ بالأحمال 2- الطاقة الموردة 3- التخطيط 4- المواصفات و الحوافز 5- المؤشرات 6- الصيانة لتخفيض التوقفات 7- الكابلات الأرضية لتخفيض التوقفات 8- الجزاءات المقابلة للتوقفات	4- تحسين مصادر الطاقة المرتبطة بالشبكة الموحدة 5- إستحداث أنظمة تحكم و مراقبة محكمة جديدة 6- الإهتمام بمرفق التنظيم مع إستخدام المولدات المنتشرة (المتفرقة)بالشبكة 7- إنشاء قاعدة بيانات لكفاءة و إعتمادية تشغيل شبكة النقل المتاحة 8- دراسة إقتصادية مثالية بين إستبدال المعدات و صيانتها 9- تطوير الوقاية عالية الإعتمادية و منخفضة التكاليف لمصادر التغذية 10- مستويات مختلفة لقيم الإعتمادية تبعا للإحتياجات المختلفة للمشتركين (النسبة بين التكلفة/ الفائدة)

الباب الثانى عشر

تسجيل و قياس إنقطاعات مصدر التغذية

Recording and Measurement of Interruptions of supply

أنواع الإنقطاعات(Types of interruption)

- إنقطاعات دائمة (عادة يوم واحد)
- إنقطاعات غير دائمة
    - إنقطاع طويل (لفترة أطول من ثلاثة دقائق)
    - إنقطاع قصير (لفترة أقل من ثلاثة دقائق و أكبر من ثانية واحدة)
    - إنقطاع عابر (لفترة أقل من ثانية واحدة)

تصنيف أسباب الإنقطاعات
(Classification of interruptions causes)

- حالات إضطرارية (force major)
    - أعمال المرافق العامة
    - الكوارث الطبيعية
    - الحالات الجوية السيئة
- أسباب خارجية (external causes)
    - إنهيارات ليست بسبب المرفق أو المستهلك
    - أعطال بسبب المستخدم النهائى
    - ضياع مصدر التغذية من شبكة النقل الموحدة

- ضياع مصدر التغذية من مرافق الكهرباء الأخرى
- أسباب منسوبة إلى شبكات التوزيع
- جميع الأسباب التى لم يشار لها فى الأسباب الخارجية و الحالات الإضطرارية

تصنيف مصادر الإنقطاعات

(Classification of interruptions' origins)

- شبكة النقل الموحدة
- شبكة الجهد العالى HV (أكبر من 35KV)
- شبكة الجهد المتوسط MV (أكبر من 1KV و أقل من 35KV و تحتوى أيضا على محولات HV/MV إذا كان العطل لا يسبب إنفصال خط الجهد العالى)
- شبكة الجهد المنخفض LV (أقل من 1KV و تحتوى أيضا على محولات MV/LV إذا كان العطل لا يسبب إنفصال خط الجهد المتوسط)

تصنيف المناطق (Classification of areas)

(لمشتركى الجهد المتوسط و الجهد المنخفض)

- المدن (Urban) و هى المناطق ذات الكثافة العالية:
  و هى الأقاليم المحتوية على أكثر من 50000 نسمة.
- الضواحى (Suburban) و هى المناطق متوسطة الكثافة
  و المحتوية على أكثر من 5000 نسمة و أقل من 50000 نسمة
- الأرياف (Rural) و هى المناطق منخفضة الكثافة
  و المحتوية على أقل من 5000 نسمة.

أو طبقا للتصنيف الخاص بالبلد أو الأقليم تحت الدراسة [11]

الأجهزة المطلوبة للتسجيل الآلى للإنقطاعات
(Required devices for automatic recording of interruptions)

أ- أجهزة تحكم عن بعد لكل خط جهد متوسط و جهد عالى

ب- بدلا من ذلك , مسجلات مناسبة على خطوط الجهد المتوسط و الجهد العالى

ج- يمكن لشركات التوزيع سؤال مرفق الكهرباء على الوقت المناسب لتركيب الأجهزة (يوصى بتركيب أجهزة قراءة عن بعد كل ثلاثة سنوات , و تركيب مسجلات جودة التغذية كل سنة).

د- لا يحتاج لمسجلات أوتوماتية على شبكة الجهد المنخفض , تتم تسجيلات أعطال شبكة الجهد المنخفض بمعرفة مشغلى الشبكة.

التسجيلات المطلوبة للإنقطاعات
(Required records of interruptions)

لكل أنواع الإنقطاعات , يجب على شركات الكهرباء تسجيل البيانات الآتية:

- للإنقطاعات الدائمة:

1-مصدر الإنقطاع

2- ملاحظات على الإجراءات

3-بداية الإنقطاع (اليوم- الساعة – الدقيقة)

4- حصر و تسجيل مشتركى الجهد العالى المتأثرين و فترة الإنقطاع لكل مشترك جهد عالى متأثر بالإنقطاع.

5- حصر و تسجيل مشتركى الجهد المتوسط المتأثرين لكل منطقة و فترة الإنقطاع لكل مشترك جهد متوسط متأثر بالإنقطاع.

6-عدد مشتركى الجهد المنخفض المتأثرين لكل منطقة (تقديرى)

7- فترة الإنقطاع لكل مجموعة المشتركين المتأثرين على الجهد المنخفض و تكون المجموعات طبقا لنفس فترة الإنقطاع لكل منطقة.

8- نهاية الإنقطاع (اليوم – الساعة-الدقيقة , لآخر مشترك جهد منخفض متأثر بالإنقطاع)

- الإنقطاعات الطويلة (غير الدائمة)

(و التى تستمر أكثر من ثلاثة دقائق)

1- مصدر الإنقطاع

2- سبب الإنقطاع

3- بداية الإنقطاع (يوم – ساعة – دقيقة)

4- حصر و تسجيل مشتركى الجهد العالى المتأثرين و فترة الإنقطاع لكل مشترك جهد عالى متأثر بالإنقطاع.

5- حصر و تسجيل مشتركى الجهد المتوسط المتأثرين لكل منطقة و فترة الإنقطاع لكل مشترك جهد متوسط متأثر بالإنقطاع.

6- عدد مشتركى الجهد المنخفض المتاثرين لكل منطقة (تقديرى)

7- فترة الإنقطاع لكل مجموعة المشتركين المتاثرين على الجهد المنخفض و تكون المجموعات طبقا لنفس فترة الإنقطاع لكل منطقة.

8- نهاية الإنقطاع (اليوم – الساعة-الدقيقة , لآخر مشترك جهد منخفض متأثر بالإنقطاع)

- الإنقطاعات القصيرة (غير الدائمة)

(والتى تكون أقل من ثلاثة دقائق و أكبر من ثانية واحدة)

1- مصدر الإنقطاع

2- سبب الإنقطاع

3- بداية الإنقطاع (يوم - ساعة - دقيقة)

4-حصر لمشتركى الجهد العالى المتأثرين

5-حصر لمشتركى الجهد المتوسط المتأثرين بكل منطقة (تقديرى)

6- عدد مشتركى الجهد المنخفض المتأثرين لكل منطقة

7- نهاية الإنقطاع (يوم -ساعة -دقيقة , لآخر مشترك جهد منخفض متأثر بالإنقطاع)

- الإنقطاعات العابرة (غير الدائمة)

(والتى تكون أقل من ثانية واحدة)

1-مصدر الإنقطاع

2- بداية الإنقطاع (يوم-ساعة-دقيقة)

3-حصر مشتركى الجهد العالى المتأثرين

4-حصر مشتركى الجهد المتوسط المتأثرين

5- نهاية الإنقطاع (يوم - ساعة - دقيقة , لآخر مشترك جهد منخفض متأثر بالإنقطاع)

البيانات الأساسية اللازمة لحساب مؤشرات الإعتمادية

تنقسم البيانات الأساسية إلى:

- بيانات خاصة بالشبكة الكهربائية
- بيانات و قدرة المشتركين
- بيانات الإعتمادية

فيما يلى محتويات هذه البيانات

1- بيانات توبولوجى [1] الشبكة (Network topology data)

- جميع المكونات الموصلة على التوالى و المحصورة بين قضبان التوزيع الرئيسية
- مصادر التغذية
- مواضع الأحمال
- تشكيلة الشبكة (مواضع فتحات المفاتيح)
- معدات الوقاية

2- بيانات المشتركين و بيانات القدرة (Customer and power data)

لكل موضع حمل فى الشبكة فإن البيانات اللازمة هى:

- العدد الكلى للمشتركين
- نسبة عدد المشتركين للقطاعات السكنية و التجارية و الصناعية
- القدرة الفعالة لكل مشترك
- نسبة القدرة الفعالة للقطاعات السكنية و التجارية و الصناعية
- القدرة غير الفعالة لكل مشترك
- نسبة القدرة غير الفعالة للقطاعات السكنية و التجارية و الصناعية

3- بيانات الإعتمادية (Reliability data)

- معدل الأعطال الدائمة (Permanent failure rate)
- معدل الأعطال الفعلية (Active failure rate)
- معدل الأعطال المؤقتة (Temporary failure rate)
- معدل الأعطال العابرة (Transient failure rate)

---

(1) دراسة الخصائص الهندسية التى لا تتأثر بتغير الحجم أو الشكل

- معدل التوقف للصيانة
- زمن الإصلاح
- زمن إسترجاع مصدر التغذية
- زمن التحويل (switching time)
- زمن إستبدال قطع الغيار

كيفية تقدير عدد مشتركى الجهد المنخفض المتأثرين

للإنقطاعات الطويلة:

أ- الإنقطاعات التى مصدرها شبكة الجهد العالى أو شبكة الجهد المتوسط

فإن :

عدد مشتركى الجهد المنخفض المتأثرين=

(عدد المحولات MV/LV المتأثرة × نسبة مشتركى الجهد المنخفض لكل محول MV/LV)

و ذلك لكل منطقة مع الأخذ فى الأعتبار المناطق المختلفة.

ب- الإنقطاعات التى مصدرها شبكة الجهد المنخفض

فإن :

عدد مشتركى الجهد المنخفض المتأثرين=

(عدد خطوط الجهد المنخفض المتأثرة × نسبة مشتركى الجهد المنخفض لكل خط جهد منخفض)

و ذلك لكل منطقة مع الأخذ فى الأعتبار المناطق المختلفة

مؤشرات الإستمرارية الكلية لمشتركى الجهد المتوسط و المنخفض
(Continuity overall indicators for MV and LV users)

- متوسط عدد الإنقطاعات لكل مشترك (موزونة لعدد المشتركين) والذى يحسب للحالات الأتية:
  1. لمشتركى الجهد المتوسط و مشتركى الجهد المنخفض
  2. لكل مقاطعة أو إقليم
  3. لكل مصدر للإنقطاع و لكل سبب
  4. لكل منطقة
- الفترة المجمعة للإنقطاعات لكل مشترك (موزونة لعدد المشتركين) والتى تحسب للحالات الأتية:
  1. لمشتركى الجهد المتوسط و مشتركى الجهد المنخفض
  2. لكل مقاطعة أو إقليم
  3. لكل مصدر للإنقطاع و لكل سبب
  4. لكل منطقة

مؤشرات الإستمرارية المنفصلة لمشتركى الجهد المتوسط و المنخفض
(Continuity individual indicators for MV and LV users)

- عدد الإنقطاعات لكل مشترك واحد
- فترة كل إنقطاع لكل مشترك واحد

مثال لإستبيان مسح إعتمادية قضبان مجموعة مفاتيح [5]

يوضح شكل (1-12) إستبيان مسح إعتمادية قضبان مجموعة مفاتيح (switchgear bus) للنوعين الآتيين:

- مجموعة مفاتيح مغلفة معدنيا (metalclad switchgear bus)
- مجمــوعة مفاتيــح محتــواه فى صنــدوق معدنــى (metal enclosed switchgear bus)

يحتوى الإستبيان على جدولى (12-1) & (12-2).

يشمل جدول (12-2) على بيانات الوحدة العاطلة (failed unit) و يقصد بالوحدة :عدد قواطع التيار الموصلة على القضبان أو عدد حجيرات محولات القياس (instrument transformer compartments)

تحتوى بيانات الوحدات العاطلة على :

1. قائمة منفصلة بكل حدث عطل قضيب
2. تحديد القضيب فى كل حدث عطل و ذلك بتوصيف رقم القضيب تبعا لتقسيمة البيانات الكلية للمنطقة
3. تحديد سبب العطل و مساهمته فى الحدث , و تعريفها , بإستخدام أرقام كود من قائمة محددة و بمعرفة المشغل
4. تحديد الأشهر التى تم فيها آخر صيانة للقضبان
5. تحديد الزمن بالساعات من بداية عطل الوحدة حتى إعادة القضبان للخدمة.
6. توصيف أى المكونات عطلت أولا, بحيث تشمل على مادة المكون

فيما يلى تعريف الأسباب الرئيسية و الأسباب المشاركة فى العطل

الأسباب الرئيسية للعطل:

1. عطل المكون
2. تطبيقات غير سليمة
3. التداول غير السليم
4. الإنشاءات غير السليمة
5. الصيانة غير الكافية

6. إجراءات التشغيل غير السليمة
7. توكيلات لأشخاص غير متخصصين
8. توكيلات لأخرين غير متخصصين
9. سخونة زائدة

أسباب تساهم فى حدوث العطل

1. تحميل زائد متواصل
2. الجهود المرتفعة العابرة
3. الجهود المرتفعة
4. دورة حرارية مستمرة
5. إنهيار البنية الميكانيكية
6. عطل ميكانيكى من مصدر خارجى
7. حدوث دائرة قصر من خلال أدوات أو معادن
8. حدوث دائرة قصر من خلال زواحف أو طيور
9. إشتغال خاطئ لأجهزة الوقاية
10. ضبط غير سليم لأجهزة الوقاية
11. تعدى درجة الحرارة المحيطة درجة حرارة تحمل المكون
12. الإنخفاض فى درجة الحرارة المحيطة
13. التعرض لمواد كيميائية أو لمذيبات
14. التعرض للرطوبة
15. التعرض للأتربة أو الملوثات الأخرى
16. التعرض لحرائق أو لهب (ليس بسبب الكهرباء)
17. إعاقة مسارات التهوية

18. الإنهيار الطبيعى نتيجة التقادم
19. حالات الجو الشديدة و القاسية
20. ضياع أو عدم كفاءة وسط التبريد
21. أخطاء الإختبارات

إستبيان

أسم المنشأة:
نوع الصناعة (أو النشاط):
فترة التقرير : من   شهر   سنة
: إلى   شهر   سنة

حالة الجو : - درجة الحرارة:
- الرطوبة النسبية:
مستوى التلوث و نوعه :

جدول (12-1) البيانات اللعامة

رقم القضيب	عدد قواطع التيار	عمر القضيب (hr)	نوع القضبان و المتن								تطبيقات الشبكة				بيانات الصيانة	
			غير معزول	معزول	للتركيب خارج مبنى	للتركيب داخل مبنى	نحاس	ألومنيوم	الجهد بين خطين (KV)	التيار (KA)	الجهد بين خطين (KV)	غير مؤرض	مؤرض مباشرة مع الأرض	مؤرض من خلال معاوقة	دورة الصيانة (month)	نطاق الصيانة
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																

جدول (12-2) بيانات الوحدة العاطلة

رقم القضيب	الأسباب الأساسية للعطل	الأسباب المشاركة في العطل	نوع العطل				آخر تاريخ للصيانة	بيانات الإسترجاع			فترة العطل (hr)	المواد و المكون العاطل	
			قصر بين خطين	قصر بين خط و الأرض	فتح الدائرة	أخرى		الساعات الفعلية	مستمر (متواصل)	البرنامج			

شكل (12-1) تقرير مسح إعتمادية قضبان مجموعة المفاتيح

جدول (1-12) البيانات العامة

	رقم القضيب	1	2	3	4	5	6	7
	عدد قواطع التيار							
	عمر القضيب (hr)							
نوع القضبان و المقتن	غير معزول							
	معزول							
	للتركيب خارج مبنى							
	للتركيب داخل مبنى							
	نحاس							
	الومونيوم							
	الجهد بين خطين (KV)							
	التيار(KA)							
تطبيقات الشبكة	الجهد بين خطين (KV)							
	غير مؤرض							
	مؤرض مباشرة مع الأرض							
	مؤرض من خلال معاوقة							
بيانات الصيانة	دورة الصيانة (month)							
	نطاق الصيانة							

جدول (12-2) بيانات الوحدة العاطلة

رقم القضيب						
الأسباب الأساسية للعطل						
الأسباب المشاركة فى العطل						
نوع العطل	قصر بين خطين					
	قصر بين خط و الأرضى					
	فتح الدائرة					
	أخرى					
آخر تاريخ للصيانة						
بيانات الإسترجاع	الساعات العادية					
	مستمر (متواصل)					
	البرنامج					
فترة العطل (hr)						
المواد و المكون العاطل						

الباب الثالث عشر

مستويات الإعتمادية

Reliability Levels

فى العديد من الدول لا يوجد إلتزام واضح أو محدد أو معلن لتحقيق مستوى أداء معين , و لكن تطور مرافق الكهرباء الشبكات و المنظومات تبعا لمعايير خطة معتمدة . عموما تصف هذه المعايير : أى حالات التوقف (الإنقطاعات)يجب على النظام أن يتحملها ؟

تلتزم مرافق الكهرباء بالإستثمارات التى تتوافق مع هذه المعايير . و التى يمكن ألا تقـدم, مستوى الجودة المطلوب للمشتركين.

حاليا , فإن الأتجاه يفرض على مرافق الكهرباء الإلتزام لتحقيق مستوى إعتماديـة معـين تبعا لوجهة نظر المشتركين.

سجلت الدول الكبرى مؤشرات الإعتمادية , عدد الإنقطاعات و فترات الإنقطاعات , علـى مدى سنوات طويلة و بناء على ذلك وضعت قيم محددة كهدف للوصول إليها. و تم بنـاء قاعدة بيانات إستغلت فى تحليل و دراسة هذه المؤشرات .

سنتعرض فى هذا الباب لتجارب بعض الدول فى مجال مستويات الإعتمادية.

(1) نتائج مسح IEEE عام 1995 [6]

تم تصنيف مرافق الكهرباء بالولايات المتحدة الأمريكية طبقا للقاعدة المعروفـة " إنجـاز الإعتمادية بالربع الأعلى" (achieving top-quartile reliability) و التـى تعنـى أن للمرفق إعتمادية عالية جداً. و إن المرفق الواقع فى الربع الأول يقدم الأداء الأفضل, كذلك فإن المرافق ذات كثافة الحمل المرتفعة و شبكة الكابلات الأرضية و المتعرضـة لعوامـل جوية عادية فإنها غالبا تحقق أداء فى الربع الأعلى.

يوضح جدول (1-13) هذا التصنيف لمؤشرات الإعتمادية طبقا لمسح IEEE عام 1995

جدول (1-13) القيم النموذجية لمؤشرات الإعتمادية لمرافق الكهرباء بالولايات المتحدة الأمريكية -1995

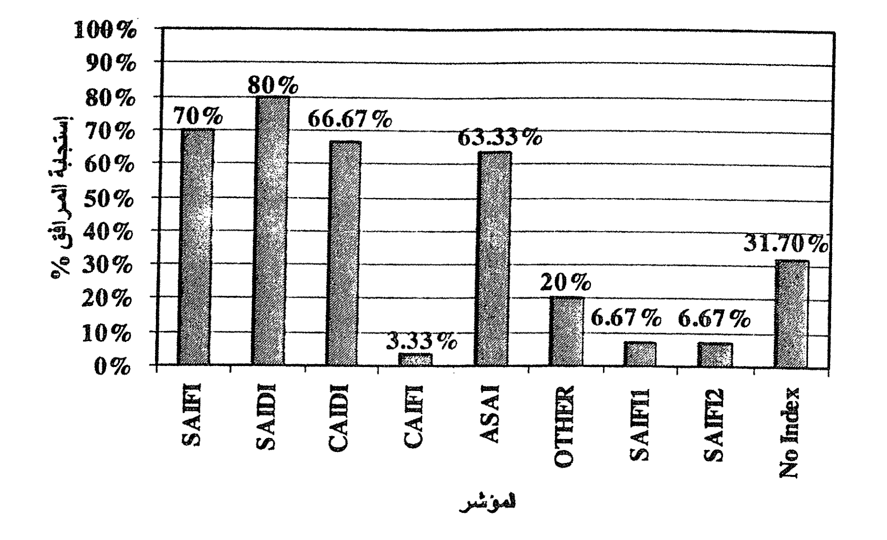
المؤشر / تصنيف المرافق	SAIFI (f/yr)	SAIDI (min/yr)	CAIDI (min)
متوسط أعلى 25% (average of top 25%)	0.90	54	55
متوسط من 50% - 75% (average of 50%-75%)	1.10	90	76
المتوسط (average)	1.26	117	88
متوسط من 25% - 50% (average of 25%-50%)	1.45	138	108
متوسط أدنى 25% (average of bottom 25%)	3.90	423	197

(1-1) النتائج الكاملة لمسح IEEE [7]

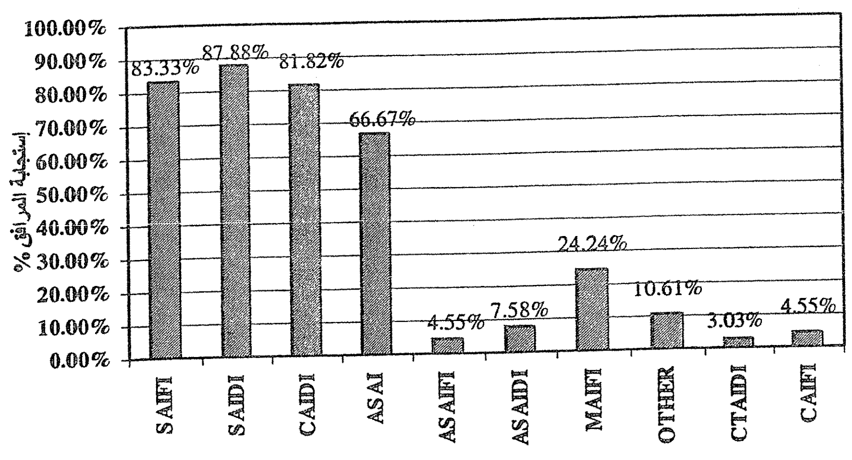
أجرت مجموعة عمل " تصميم الأنظمة" عمليتى مسح لمؤشرات إعتمادية التوزيع. و لقد أنهت المسح الأول فى عام 1990 بينما أكتمل الثانى فى 1995. وكان الغرض من المسح تحديد المؤشرات المستخدمة لمرافق التوزيع بالولايات المتحدة الأمريكية . فى عام 1990 تم إجراء مسح لعدد 100 مرفق بالولايات المتحدة الأمريكية إستجاب منهم 49 مرفق فقط. و فى عام 1995 تم إجراء مسح لعدد 209 مرفق إستجاب منهم 64 مرفق فقط.

أظهرت نتائج المسح أن المؤشرات الأكثر شيوعا فى الإستخدام هى SAIFI &SAIDI &CAIDI &ASAI

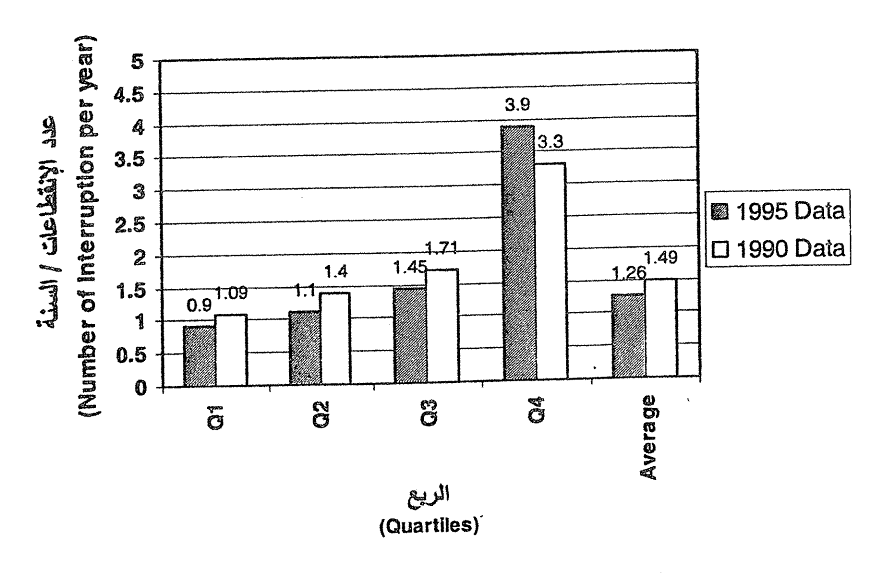
يوضح شكل (13-1) نسبة الشركات (المرافق) المستخدمة للمؤشرات المسجلة فى تقرير عام 1995 بينما يوضح شكل (13-2) نفس البيانات و لكن لعام 1995 و تبين الأشكال من (13-3) إلى (13-7) نتائج مؤشرات الإعتمادية الأكثر شيوعا و المقسمة إلى أربعة أربع (Q_1&Q_2&Q_3&Q_4) و تعتبر Q_1 هى أفضل ربع



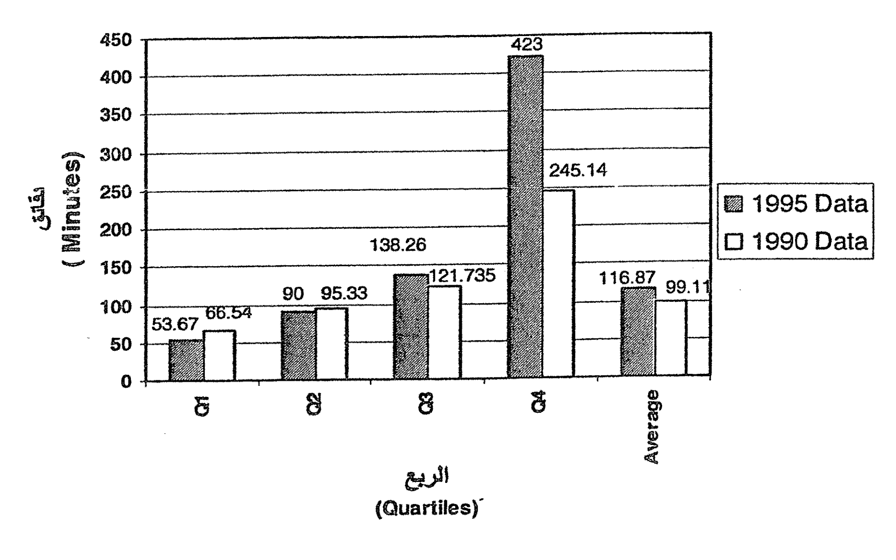
شكل (13-1) نسبة الشركات المستخدمة للمؤشرات المسجلة فى تقرير عام 1990 (49 مرفق إستجاب من عدد 100 مرفق)



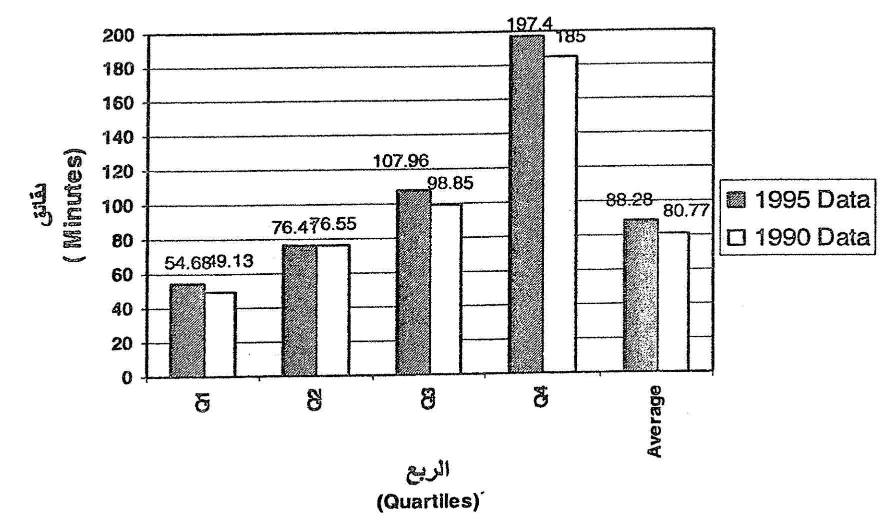
شكل (13-2) نسبة الشركات المستخدمة للمؤشرات المسجلة فى تقرير عام 1995



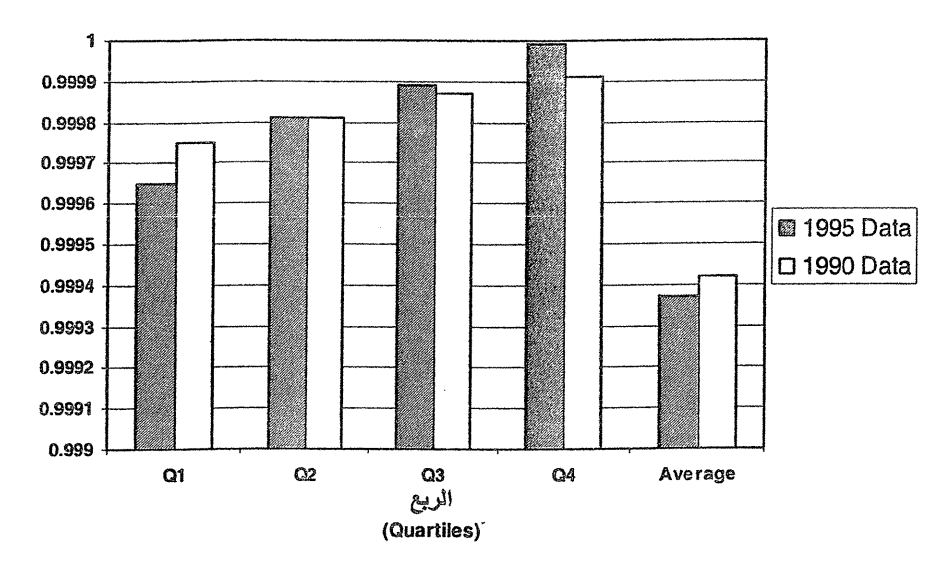
شكل (13-3) نتائج مؤشر SAIFI فى 1990 &1995



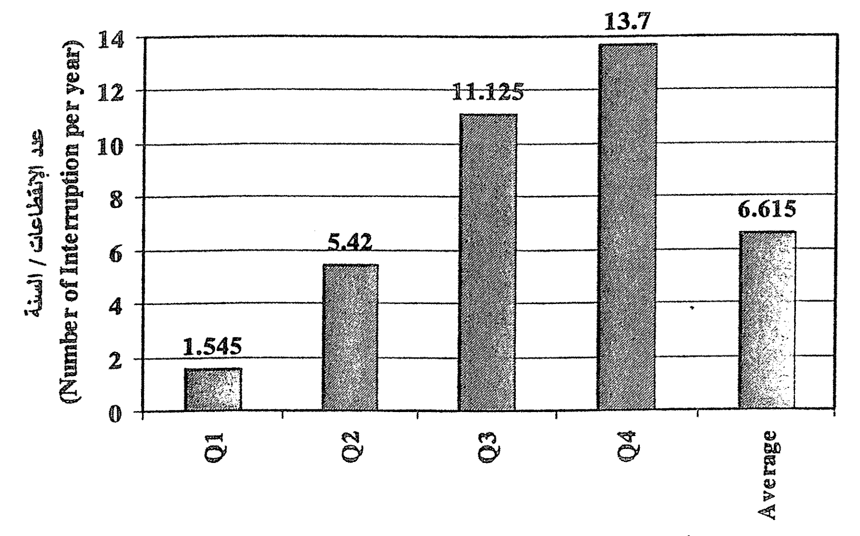
شكل (4-13) نتائج مؤشر SAIDI فى 1990 &1995



شكل (5-13) نتائج مؤشر CAIDI فى 1990 & 1995



شكل (13-6) نتائج مؤشر ASAI فى 1990 & 1995



شكل (13-7) نتائج مؤشر MAIFI لعام 1995

(بيانات 1990 غير متاحة)

(2)مؤشرات الإعتمادية لمشتركى الجهد المنخفض [8]

عرضت مجموعة عمل (working group 37-28) للسيجريه (Cigre)
جدول (2-13) و الذى يحتوى على مؤشرات الإعتمادية لمشتركى الجهد المنخفض بالقطاع السكنى و المحلات الصغيرة

(3) هيئة LIPA [9]

هيئة LIPA (The Long Island Power Authority) بولاية نيويورك :

- تخدم حوالى 1.1 مليون مشترك
- تشغيل أكبر من 47000 ميل من الدوائر الهوائية للنقل و التوزيع
- تشغيل حوالى 11000 ميل من الكابلات الأرضية للنقل و التوزيع

تم تسجيل مؤشرى SAIFI& CAIDI منذ عام 1985 و لقد عرف مؤشر SAIFI بأنه عدد الأشهر بين أنقطاعين.
كذلك تم تسجيل مؤشر MAIFI منذ عام 1995
يوضح جدول (3-13)نتائج هذه التسجيلات

جدول (2-13) مؤشرات الإعتمادية لمتوسط مشتركى الجهد المنخفض

فنلندا	ألمانيا	كندا	بولندا	السويد	بريطانيا (2)	فرنسا (1)	هولندا	بلجيكا	المؤشر
2.19	0.14	2.0	30	0.56 (3)	0.88	1.22 (1)	0.31	0.95	SAIFI (int./y)
79	--	240	80	78	99	--	70	48	CAIDI (min/int.y)
107	58	480	70	44	88	56	21	46	SAIDI (min/cu.y)

(1) للإنقطاعات الطويلة فقط

(2) الأرقام موضوعة على أساس بيانات 1998/1997

(3) فى المدن يكون المؤشر 0.75 بينما فى الأرياف فإنه يكون من 1 إلى 2

جدول (3-13) تطور مؤشرات الإعتمادية لهيئة LIPA

السنة	SAIFI عدد الأشهر بين إنقطاعين	CAIDI (دقيقة)	MAIFI عدد الإنقطاعات اللحظية لكل مشترك
1985	8.8	78	--
1986	8.7	69	--
1987	7.7	71	--
1988	8.1	71	--
1989	7.9	67	--
1990	9.1	61	--
1991	9.4	62	--
1992	9.1	64	--
1993	8.5	66	--
1994	8.9	67	--
1995	13.6	71	12.5
1996	13.7	76	11.2
1997	16.1	71	8.4
1998	15.5	76	8.3
1999	16.1	68	7.2
2000	16.3	63	6.9

(4) شركة الغاز و الكهرباء الباسيفيكية
(Pacific Gas &Electric Company)

نشرت شركة الغاز و الكهرباء الباسيفيكية (PG&E) تقرير عن مؤشرات الإعتمادية SAIDI &SAIFI &MAIFI و ذلك خلال عشرة سنوات(2003 -1994)و لقد إحتوى التقرير على :

- مؤشرات النظام (System Indices)
  كما فى جدول (4-13)
- مؤشرات نظام التوزيع (Distribution system indices)
  كما فى جدول (5-13)
- مؤشرات نظام النقل (Transmission system indices)
  كما فى جدول (6-13)

مع ملاحظة أن وحدة SAIDI هى "الدقيقة"

جدول (4-13) مؤشرات النظام(الإنقطاعات الحادثة بالتوليد و النقل و التوزيع)

السنة year	فى وجود الأحداث الكبيرة (Major Events Included)			بدون الأحداث الكبيرة (Major Events Excluded)		
	SAIDI	SAIFI	MAIFI	SAIDI	SAIFI	MAIFI
1994	160.3	1.721	1.952	155.4	1.540	1.872
1995	600.2	2.616	2.216	170.2	1.537	1.649
1996	347.0	2.462	4.855	178.1	1.709	4.654
1997	171.3	1.700	4.430	161.8	1.639	4.335
1998	317.0	2.130	3.835	180.0	1.659	3.407
1999	157.2	1.481	2.427	156.7	1.477	2.420
2000	168.4	1.413	2.282	167.9	1.410	2.281
2001	249.1	1.560	2.256	211.8	1.439	2.120
2002	381.8	1.672	2.578	139.7	1.114	2.00
2003	198.9	1.328	1.806	193.0	1.308	1.802

جدول (13-5) مؤشرات نظام النقل (بدون إنقطاعات التوليد و التوزيع)

السنة year	فى وجود الأحداث الكبيرة (Major Events Included)		بدون الأحداث الكبيرة (Major Events Excluded)	
	SAIDI	SAIFI	SAIDI	SAIFI
1994	20.5	0.292	17.6	0.155
1995	63.6	0.223	19.9	0.152
1996	148.2	0.773	14.8	0.129
1997	13.8	0.138	13.2	0.132
1998	72.0	0.318	22.6	0.166
1999	12.1	0.157	11.9	0.155
2000	15.2	0.108	15.2	0.108
2001	20.5	0.129	19.3	0.123
2002	40.1	0.138	10.0	0.083
2003	19.3	0.119	19.1	0.118

جدول (13-6) مؤشرات نظام التوزيع (بدون إنقطاعات التوليد و النقل)

السنة year	فى وجود الأحداث الكبيرة (Major Events Included)		بدون الأحداث الكبيرة (Major Events Excluded)	
	SAIDI	SAIFI	SAIDI	SAIFI
1994	139.2	1.400	139.2	1.400
1995	536.6	2.393	150.3	1.384
1996	198.4	1.685	167.1	1.632
1997	157.3	1.562	148.4	1.507
1998	245.0	1.812	157.3	1.493
1999	145.1	1.324	144.8	1.321
2000	152.3	1.293	151.8	1.290
2001	228.6	1.430	192.5	1.316
2002	341.2	1.533	129.7	1.030
2003	179.6	1.209	173.8	1.190

(5)التحسين السنوى لمواصفات مؤشرات الإعتمادية فى إيطاليا[10]

يوضح جدول (7-13) خطة التحسين السنوى لفترة الإنقطاع لكل مشترك جهد منخفض بإيطاليا طبقا لمستوى الكثافة

جدول (7-13) فترة الإنقطاعات بالدقائق/مشترك جهد منخفض

المناطق عالية الكثافة (المدن)	المناطق متوسطة الكثافة (الضواحى)	المناطق منخفضة الكثافة (الأرياف)	المعدل السنوى للتحسين المطلوب
<30	<45	<60	0%
31-60	46-90	60-120	5%
61-90	91-135	121-180	8%
91-120	136-180	181-240	10%
121-150	181-270	241-360	13%
>150	>271	>360	16%

(6) المجلس الأوربى لتنظيم الطاقة [11]
(Council of European Energy Regulators)

نشر المجلس الأوربى لتنظيم الطاقة (CEER) التقرير الثانى عن مؤشرات جودة الطاقة الكهربائية فى سبتمبر 2003 و الذى إحتوى على:

1 -- فترات الإنقطاعات الإضطرارية لكل مشترك فى السنة

(forced interruptions أو unplanned interruptions)

2- عدد الإنقطاعات الإضطرارية لكل مشترك فى السنة

حيث سجلت سبعة دول بيانات زمنية متتابعة للإنقطاعات الإضطرارية و الإنقطاعات المبرمجة و ذلك خلال الأعوام 1999 -2001 . هذه الدول هى:
فنلندا - فرنسا - بريطانيا- أيرلندا -إيطاليا-هولندا - النرويج بالإضافة إلى أسبانيا و البرتغال التى بدأت فى التسجيل عام 2001

و لقد صنفت فترات الإنقطاعات و عدد الإنقطاعات الإضطرارية كالآتى:

أ- تطور سنويا للأعوام 1999 & 2000 & 2001
كما فى الجدولين (8-13) & (9-13)

ب- طبقا لمستوى كثافة المناطق (المدن - الضواحى - الأرياف)
إختلف تعريف الضواحى (semi-urban) من دولة إلى أخرى فمثلا:

- فى إيطاليا هو لحدود عدد السكان من 5000 إلى 50000
- فى أسبانيا هو لحدود عدد المشتركين من 2000 إلى 20000
- فى البرتغال هو لحدود عدد المشتركين من 5000 إلى 25000

يوضح الجدولين (10-13) & (11-13) المؤشرات طبقا لهذا التصنيف.

ج- طبقا لمسببات الإنقطاعات (المسئولية) و التى صنفت إلى:
عوامل جوية-أعطال المكونات - أى أسباب أخرى كما فى جدولى (12-13) , (13-13)

د- طبقا لمستوى الجهد (التوليد و النقل و شبكات الجهد العالى - شبكات توزيع الجهد المتوسط -شبكات توزيع الجهد المنخفض) , كما فى جدولى (14-13) , (13-15)

كذلك سجلت فترات و عدد الإنقطاعات المبرمجة للسنوات 1999-2001 و صنفت طبقا لمستوى الجهد كما فى جدولى (16-13) , (17-13)

جدول (8-13)فترات الإنقطاعات الإضطرارية (دقيقة لكل مشترك فى السنة)

البلد \ السنة		1999	2000	2001
فنلندا	(Finland)	188	161	199
فرنسا	(France)	55	46	59
المملكة البريطانية	(Great Britain)	69.76	62.7	77.8
إيطاليا	(Italy)	228.25	209.2	171.09
إيرلندا	(Ireland)	254	256	197
هولندا	(The Netherlands)	26	27	34
نرويج	(Norway)	186	234	234
البرتغال	(Portugal)	n.a	n.a	530.74
أسبانيا	(Spain)	n.a	n.a	179.4

n.a= غير متاح

جدول(9-13) عدد الإنقطاعات الإضطرارية (عدد الإنقطاعات لكل مشترك فى السنة)

البلد \ السنة		1999	2000	2001
فنلندا	(Finland)	3.3	4.2	4.69
فرنسا	(France)	1.22	1.2	1.2
المملكة البريطانية	(Great Britain)	0.729	0.775	0.806
إيطاليا	(Italy)	4.21	3.81	3.46
إيرلندا	(Ireland)	1.13	1.54	1.35
هولندا	(The Netherlands)	0.44	0.41	0.67
نرويج	(Norway)	2.5	2.7	3
البرتغال	(Portugal)	n.a	n.a	7.51
أسبانيا	(Spain)	n.a	n.a	3.3

n.a= غير متاح

جدول (13-10)فترات الإنقطاعات الإضطرارية

تحليل طبقا لمستوى كثافة المناطق (دقيقة لكل مشترك فى السنة(1999-2001))

البلد / التوصيف		المدن Urban	الضواحى Semi-Urban	الأرياف Rural
فنلندا	(Finland)	73	140	509
فرنسا	(France)	26	53	93
المملكة البريطانية	(Great Britain)	n.a	n.a	n.a
إيطاليا	(Italy)	79.63	188.39	249.92
إيرلندا	(Ireland)	118	n.a	233
هولندا	(The Netherlands)	n.a	n.a	n.a
نرويج	(Norway)	n.a	n.a	n.a
البرتغال	(Portugal)	154.98	256.19	637.53
أسبانيا	(Spain)	n.a	n.a	n.a

n.a= غير متاح

جدول(13-11) عدد الإنقطاعات الإضطرارية

تحليل طبقا لمستوى كثافة المناطق (عدد الإنقطاعات لكل مشترك فى السنة(1999-2001))

البلد / التوصيف		المدن Urban	الضواحى Semi-Urban	الأرياف Rural
فنلندا	(Finland)	1.2	2.3	7.6
فرنسا	(France)	0.99	1.28	1.34
المملكة البريطانية	(Great Britain)	n.a	n.a	n.a
إيطاليا	(Italy)	1.93	3.5	5.18
إيرلندا	(Ireland)	0.88	n.a	1.55
هولندا	(The Netherlands)	n.a	n.a	n.a
نرويج	(Norway)	n.a	n.a	n.a
البرتغال	(Portugal)	2.53	4.41	8.43
أسبانيا	(Spain)	n.a	n.a	n.a

n.a= غير متاح

جدول (12-13)فترات الإنقطاعات الإضطرارية

طبقا لتحليل المسئول عن الإنقطاعات (دقيقة لكل مشترك فى السنة)(1999-2001)

البلد / التوصيف		من العوامل الجوية Acts of God	أعطال المكونات 3rd parties damages	أى أسباب أخرى Any other causes
فنلندا	(Finland)	347	74	35
فرنسا	(France)	14	9	36
المملكة البريطانية	(Great Britain)	n.a	n.a	n.a
إيطاليا	(Italy)	11.53	37.52	122.04
إيرلندا	(Ireland)	116.01	14.9	66
هولندا	(The Netherlands)	0.9	8.1	25.1
نرويج	(Norway)	n.a	n.a	n.a
البرتغال	(Portugal)	117.88	n.a	412.86
أسبانيا	(Spain)	40.2	26.4	112.8

n.a= غير متاح

جدول (13-13)عدد الإنقطاعات الإضطرارية

طبقا لتحليل المسئول عن الإنقطاعات (عدد الإنقطاعات لكل مشترك فى السنة)(1999-2001)

البلد / التوصيف		من العوامل الجوية Acts of God	أعطال المكونات 3rd parties damages	أى أسباب أخرى Any other causes
فنلندا	(Finland)	4.25	0.91	1.42
فرنسا	(France)	0.02	0.3	0.88
المملكة البريطانية	(Great Britain)	n.a	n.a	n.a
إيطاليا	(Italy)	0.11	0.63	2.72
إيرلندا	(Ireland)	n.a	n.a	n.a
هولندا	(The Netherlands)	0.039	0.112	0.518
نرويج	(Norway)	n.a	n.a	n.a
البرتغال	(Portugal)	1.61	n.a	n.a
أسبانيا	(Spain)	0.37	0.49	2.44

n.a= غير متاح

جدول (13-14) فترات الإنقطاعات الإضطرارية طبقا لمستوى الجهد

(دقيقة لكل مشترك فى السنة)(1999-2001)

التوصيف / البلد	التوليد و النقل و شبكات الجهد العالى Generation, transmission &HV networks	شبكات توزيع الجهد المتوسط Distribution MV networks	شبكات توزيع الجهد المنخفض Distribution LV networks
فنلندا (Finland)	n.a	456	n.a
فرنسا (France)	3	48	8
المملكة البريطانية (Great Britain)	5.5	57.47	14.17
إيطاليا (Italy)	10.2	139.53	21.3
إيرلندا (Ireland)	n.a	153	44
هولندا (The Netherlands)	8.7	20.9	4.6
نرويج (Norway)	29	205	n.a
البرتغال (Portugal)	n.a	n.a	n.a
أسبانيا (Spain)	n.a	n.a	n.a

غير متاح=n.a

جدول (13-15) عدد الإنقطاعات الإضطرارية طبقا لمستوى الجهد

(عدد الإنقطاعات لكل مشترك فى السنة)(1999-2001)

التوصيف / البلد	التوليد و النقل و شبكات الجهد العالى Generation, transmission &HV networks	شبكات توزيع الجهد المتوسط Distribution MV networks	شبكات توزيع الجهد المنخفض Distribution LV networks
فنلندا (Finland)	n.a	6.55	n.a
فرنسا (France)	n.a	1.02	0.03
المملكة البريطانية (Great Britain)	0.12	0.56	0.06
إيطاليا (Italy)	0.32	2.97	0.16
إيرلندا (Ireland)	n.a	1.1	0.25
هولندا (The Netherlands)	0.416	0.229	0.024
نرويج (Norway)	0.5	2.5	n.a
البرتغال (Portugal)	n.a	n.a	n.a
أسبانيا (Spain)	n.a	n.a	n.a

جدول (13-16) فترات الإنقطاعات المبرمجة طبقا لمستوى الجهد
(دقيقة لكل مشترك فى السنة)(1999-2001)

البلد / التوصيف		التوليد و النقل و شبكات الجهد العالى Generation, transmission &HV networks	شبكات توزيع الجهد المتوسط Distribution MV networks	شبكات توزيع الجهد المنخفض Distribution LV networks
فنلندا	(Finland)	n.a	32	n.a
المملكة البريطانية	(Great Britain)	n.a	n.a	n.a
إيطاليا	(Italy)	0.07	110.99	16.33
إيرلندا	(Ireland)	n.a	179.6	8.4
هولندا	(The Netherlands)	n.a	n.a	n.a
نرويج	(Norway)	8	62	n.a
البرتغال	(Portugal)	n.a	n.a	57.37
أسبانيا	(Spain)	n.a	n.a	n.a

غير متاح=n.a

جدول (13-17) عدد الإنقطاعات المبرمجة طبقا لمستوى الجهد
(عدد الإنقطاعات لكل مشترك فى السنة)(1999-2001)

البلد / التوصيف		التوليد و النقل و شبكات الجهد العالى Generation, transmission &HV networks	شبكات توزيع الجهد المتوسط Distribution MV networks	شبكات توزيع الجهد المنخفض Distribution LV networks
فنلندا	(Finland)	n.a	0.6	n.a
المملكة البريطانية	(Great Britain)	n.a	n.a	n.a
إيطاليا	(Italy)	n.a	0.63	0.16
إيرلندا	(Ireland)	n.a	0.49	0.02
هولندا	(The Netherlands)	n.a	n.a	n.a
نرويج	(Norway)	0.05	0.47	n.a
البرتغال	(Portugal)	n.a	n.a	0.32
أسبانيا	(Spain)	n.a	n.a	n.a

غير متاح=n.a

(7) شركة غاز و كهرباء سان ديجو [13]

نشرت شركة غاز و كهربـاء سـان ديجـو (San Diego Gas & Electric) تقريـر مؤشرات الإعتمادية خلال الأعوام من 1995 إلى 2004

يوضح جدول (13-18) تطور مؤشرات الإعتمادية فى حالتى:

- فى وجود جميع الإنقطاعات
- بدون الأحداث الكبيرة

كذلك يحتوى الجدول على تسجيل لعدد الأحداث الكبيرة وسببها

(8)مؤشرات الإعتمادية طبقا لنتائج مسح للصناعات الكبرى[2]

Reliability indices found by major industry surveys

يوضح جدول (13-19) مؤشرى SAIFI & SAIDI عند الثلاثة أرباع الآتية:

- أدنى 25%
- متوسط 50%
- أعلى 75%

طبقا لتعريف المواصفات القياسية العالمية IEEE 1366-1998

أغلب هذا المسح تم لمرافق أمريكا الشمالية

جدول (13-18) تطور مؤشرات الإعتمادية لشركة غاز و كهرباء سان ديجو

السنة	جميع الإنقطاعات (All interruptions included)			بدون الأحداث الكبيرة Major events excluded			عدد الأحداث No. of events	أسباب الأحداث Event causes
	SAIDI	SAIFI	MAIFI	SAIDI	SAIFI	MAIFI		
1995	98.5	0.87	n.a	56.9	0.72	n.a	1	رياح وعواصف (storm/winds)
1996	133.9	1.48	1.53	81.9	1.04	1.53	1	إنخفاض تردد الشبكة (under frequency)
1997	89.3	0.93	1.41	89.3	0.93	1.41	0	
1998	91.6	0.94	1.09	91.6	0.94	1.09	0	
1999	65.2	0.67	0.80	65.2	0.67	0.80	0	
2000	51.9	0.57	0.75	51.9	0.57	0.75	0	
2001	68.5	0.87	0.87	52.9	0.64	0.86	7	• عدد2حرائق(fire) • عدد4 طرح أحمال(Load curtailment) • عدد 9 عدم إتاحة الكهرباء بالشركة
2002	82.5	0.81	0.61	77.2	0.81	0.61	4	• عدد 2 حرائق • عدد2 عدم إتاحة الكهرباء بالشركة
2003	298.9	0.86	0.87	76.1	0.72	0.84	2	• إندلاع حرائق نتيجة عواصف 2003 و لقد تأثرت أكثر من 15% من الأنشطة بهذا الحدث
2004	93.2	0.67	0.61	78.8	0.62	0.61	5	• عدد 3 حرائق • عاصفة في ديسمبر 2004 • عدد 1 عدم إتاحية الكهرباء بالشركة

n.a: غير متاحة
SAIDI in min.

جدول (13-19) مؤشرات الإعتمادية طبقا للمرجع [2]

	SAIFI (int/y)			SAIDI (h/int.y)		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%
[IEEE Std. 1366-1998]	0.90	1.1	1.45	0.89	1.5	2.3
[EEI ,1999](بدون إنقطاعات العواصف)	0.92	1.32	1.71	1.16	1.74	2.23
[EEI ,1999] (فى وجود إنقطاعات العواصف)	1.11	1.33	2.15	1.36	3.00	4.38
[CEA,2001] (فى وجود إنقطاعات العواصف)	1.03	1.95	3.16	0.73	2.26	3.28
[PA Consulting,2001] (فى وجود إنقطاعات العواصف)				1.55	3.05	8.35
[IP&L,2000]	0.72	0.95	1.15	1.02	1.64	2.41

(9) يوضح جدولى (13-20) &(13-21) القيم النموذجية لمؤشرات الإعتمادية/سنة طبقا للمرجع [26] و المرجع[27] على التوالى

جدول (13-20)

الهدف Target	المؤشر Index
1.0	SAIFI
1.0 - 1.5 h	SAIDI
1.0 - 1.5 h	CAIDI
0.99983	ASAI

جدول (13-21)

الهدف Target	المؤشر Index
1.18	SAIFI
76.93 min	SAIDI
76.93 min	CAIDI
0.999375	ASAI

الباب الرابع عشر
تكاليف الإعتمادية
The Cost of Reliability

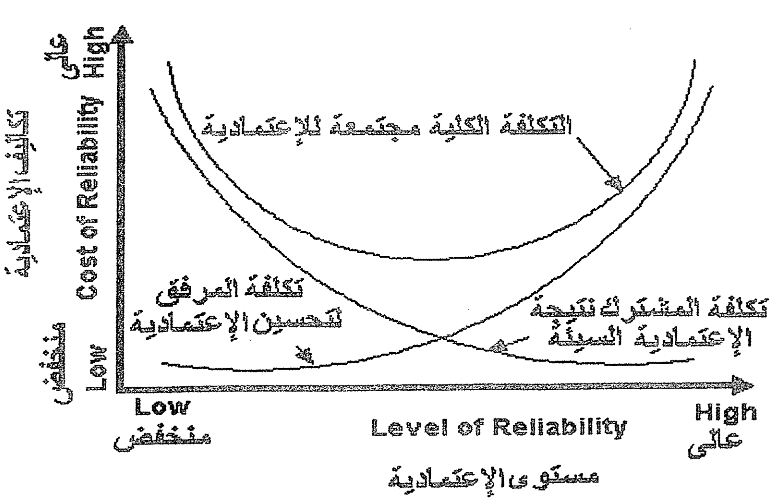
الأهداف على أساس القيمة

تهدف طريقة الإعتمادية على أساس القيمة إلى الحصول على أقل تكلفة كلية مجتمعة للإعتمادية (minimize the total societal cost of reliability) و التى تشتمل على تكاليف المرفق لتحسين الإعتمادية (أى تكاليف الإستثمارات) و تكاليف المشترك نتيجة الإعتمادية السيئة (أى التكاليف الناتجة عن إنقطاع التغذية) . يوضح شكل (14-1) العلاقة بين مستوى الإعتمادية (level of reliability) و تكاليف الإعتمادية (cost of reliability) من وجهة نظر كل من مرفق الكهرباء و المشترك.

تبين المنحنيات بشكل (14-2) إنه بعمل إتزان بين تكاليف تحسين الإعتمادية و تكاليف المشتركين نتيجة مستوى الإعتمادية يمكن الحصول على التكاليف المثالية الكلية للإعتمادية.

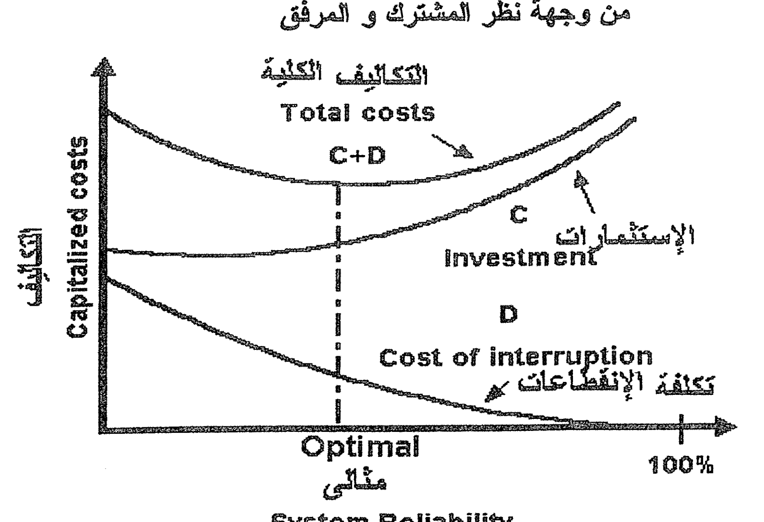
تفضل شركات الكهرباء التصميم الجيد و الخدمة الجيدة عن الإختيارات منخفضة التكاليف. و عادة تعمل بسياسة " الإستعداد للدفع من أجل ذلك " (willing to pay for it) و هذا يعنى دفع ثمن زائد (كعقوبة) على تكاليف الإعتمادية المنخفضة و التى تسبب مشاكل . و على ذلك فإن المستوى الجديد المثالى للإعتمادية يكون أعلى، و يمثل المنحنى A بشكل (14-3) "إستعداد المشترك للدفع أكثر"

إذا كان السعر (rate) مرتفع جدا , عندئذ فإن العقوبة تمثل فى الجزء النهائى للإعتمادية المرتفعة على منحنى الأعطال بشكل (14-3) . أحيانا تضاف قيود إضافية



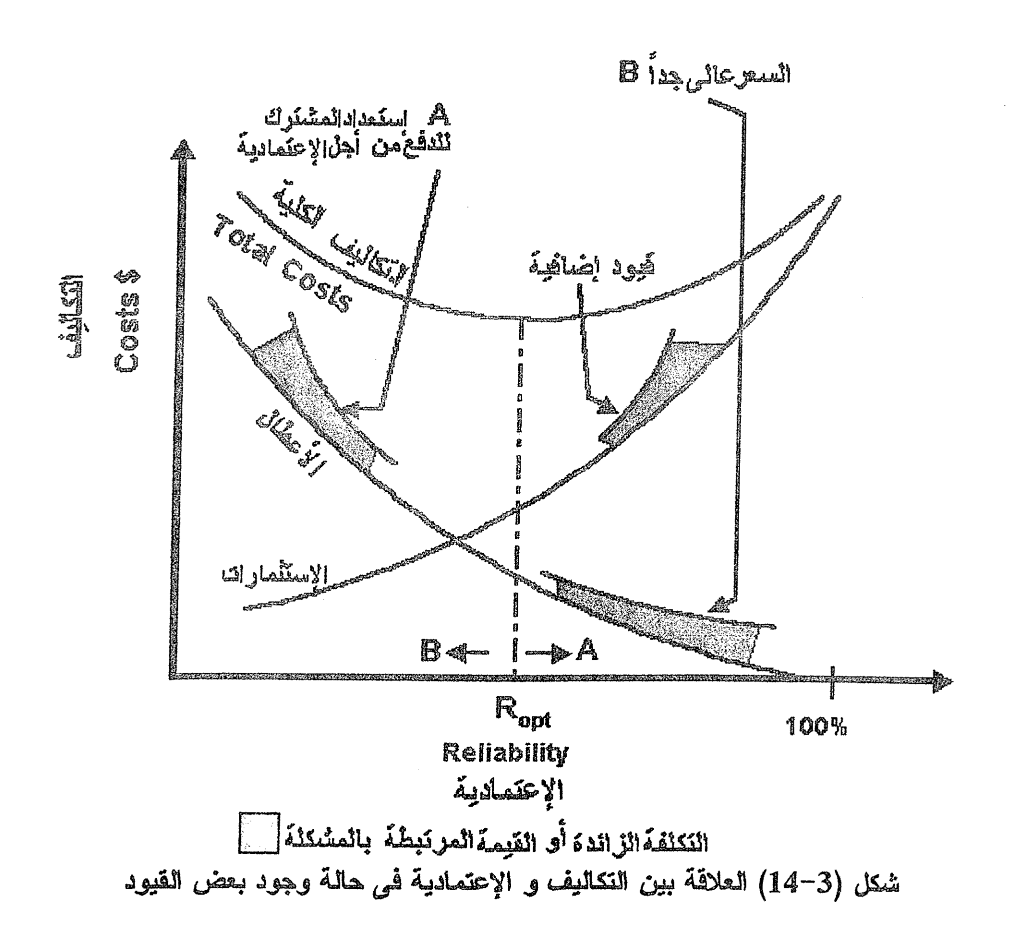
شكل (14-1) العلاقة بين مستوى الإعتمادية و تكاليف الإعتمادية

من وجهة نظر المشترك و المرفق



شكل (14-2) تكاليف الإنقطاعات و الإستثمارات

و التكاليف الكلية للإعتمادية



شكل (3-14) العلاقة بين التكاليف و الإعتمادية فى حالة وجود بعض القيود

(additional constraints) نتيجة القيود البيئية و التـــى لا تســـمح بعمـــل توســـعات بالأنظمة, وذلك يمثل زيادة تكاليف الإستثمارات للحصول على إعتمادية عالية.
كلا العاملين يؤثرا فى المستوى المثالى للإعتمادية.

تقييم تكاليف الإنقطاعات عن المشترك [16]
(Evaluation of customer outage costs)

للمعنى الشامل لتقييم الإعتمادية , فإن الإعتمادية و أقتصـــاديتها يلعبـــان دورا مرتبطـــا و متداخلا و مجتمعا. عموما , عند تحسين الإعتمادية , فإن المشترك سيتفقد تكلفة أقل نتيجة إنخفاض فترة عدم وجود مصدر التغذية. تهتم مرافق الكهرباء بالفوائد المرتبطة بتحســـين خدمة الإعتمادية للمشترك.

من المظاهر الهامة , فى تحليل نسبة التكلفة/ الفائدة (cost/benefit) المرتبطة بمستويات الإعتمادية و بأنشطة النظام الجديدة المحققة, أن يتم تقييم تكلفة الإعتمادية.

تكون مفاتيح تكلفة مؤشرات الإعتمادية هى تكاليف الإنقطاعات عن المشـــتركين. تعتمـــد أساسيات حسابات التكلفة الإجمالية للإنقطاعات على قياس ما يسببه عدم توريـــد مصـــدر التغذية أى على قيمة الإعتمادية. توجد أكثر من طريقة لإيجاد تكـــاليف الإنقطاعـــات عـــن المشـــترك CIC (Customer Interruption Costs) أو COC (Customer Outage Costs).

تعتبر إجراءات مراجعات المستهلك من أهم الطرق لإيجاد COC. فى هذه الطريقـــة يـــتم سؤال المستهلكين عن تقدير التكاليف أو المفقودات لإنقطاعـــات مصـــادر التغذيـــة التـــى يتعرضوا لها لفترات متغيرة و الإنقطاعات المتكررة و التى يمكن أن تحـــدث فـــى أوقـــات مختلفة فى اليوم أو فى السنة. من فوائد هذه الطريقة أن المشترك يكـــون فـــى أنســـب و أحسن الحالات لأنه يقيم خسائره بنفسه.

لتقييم COC، يتم عمل نموذج للتكلفة الممثل لتكاليف الإنقطاعات عن المشتركين المتصلين بالشبكة , و يحدد متوسط معدل العطل λ و متوسط زمن الإنقطاع r . لمنطقة خدمة محددة , فإن نموذج التكلفة يكون القيم المتتالية لـ C(ri) منسوبة إلى دالة العطل لدى المشتركين و يعرف كتكلفة طبيعية نتيجة إنقطاع التغذية الكهربائية معبرا عنها كدالة فى أزمنة الإنقطاعات لخليط مشتركين محددين. أيضا تحتاج طريقة تقييم COC إلى نماذج الأحمال. تتشكل نماذج الأحمال من الطاقة السنوية المستهلكة أو أقصى طلب لكل قطاع مشتركين.

إعتمادا على نموذج الحمل و نموذج التكلفة و نموذج النظام , يمكن حساب COC لأى نظام. بفرض أن j قضبان (bus bar) موضع الحمل (load point) فى شبكة تتكون من عدد b من القضبان , فإنه يمكن الحصول على التكلفة السنوية COC نتيجة إنقطاعات مصدر التغذية عند القضبان و تكلفة النظام تبعا للمعادلات التالية:

$$COC_j = \left(\sum_{y \in ny} E_{jy} \right) * C_j(r_j) * \lambda_j \qquad (1)$$

$$SCOC = \sum_{j \in b}^{b} COC_j \qquad (2)$$

حيث:

COC_j =annual COC due to supply interruption at busbar

التكلفة السنوية لـCOC نتيجة إنقطاع مصدر التغذية عند القضبان =

SCOC=system COC

تكلفة الإنقطاعات بالنظام =

ny = number of sectors connected to the system

عدد القطاعات المتصلة بالنظام=

E_{jy} =annual energy consumed by sector y at load point j

الطاقة السنوية المستهلكة بالقطاع y عند موضع الحمل j =

$C_j(r_j)$ =normalized composite customer damage function at load point j

= دالة العطل الطبيعى لدى المشترك عند موضع الحمل j

λ_j =average failure rate of load point j

= متوسط معدل العطل عند موضع الحمل j

ووفقا لذلك , يمكن تقييم فوائد الإعتمادية بإتباع الخطوات التالية:

- حدد كل موضع حمل
- حدد كل حدث للعطل
- قيم الـــ COC بإستخدام المعادلة (1)
- كرر ذلك لكل حدث إنهيار
- كرر ذلك لكل موضع حمل
- لخص كل COC لجميع أوضاع الأحمال و ذلك للحصول على تكلفة النظام للإنقطاعات عن المشتركين SCOC و ذلك بإستخدام المعادلة (2)
- قيم فوائد الإعتمادية من الإختلاف فى SCOC (ΔSCOC) نتيجة تغيير النظام و طرق التشغيل.

تكاليف الإنقطاعات Cost of Interruptions [5]

لحساب التكاليف, يستلزم تحديد زمن التوقف المتوقع لكل عطل , و تشمل التكاليف جميع الأحداث المنفصلة . و لاتشمل على:

- قيمة الزمن المفقود للإنتاج أقل من المصروف على الوفر (يكون الزمن المتوقع لإعادة التشغيل هو زمن الإصلاح أو زمن الإستبدال)
- معدات المصنع العاطلة
- توقف المنتج

- تكاليف الصيانة الإضافية
- تكاليف إصلاح المكونات العاطلة

يجب أن يعبر عن تكلفة كل إنقطاع ماليا لكل إنقطاع قصير مضافا إليه قيمة مالية لكل ساعة لزمن الإنقطاع الكلى بإستخدام بيانات الإعتمادية.

توجد طرق متعددة لإجراء التحليل الإقتصادى للإنقطاعات منها:

- العائدات المطلوبة RR (Revenue requirements)
- إسترجاع الإستثمار ROI (Return on investment)
- تكلفة دورة الحياة LCC(Life cycle costing)

نشرت نتائج مسح IEEE لتكاليف الإنقطاعات فى المواصفات القياسية العالمية IEEE 493-1997 - يوضح الجدولين (1-14) & (2-14) تكاليف الإنقطاع لكل من KWh& KW غير الموردة فى محطات المصانع.

و يبين الجدولين (3-14) &(4-14) تكاليف الإنقطاع الموضوعة على أساس KWh غير الموردة و أثرها على فترة الإنقطاع بالمبانى التجارية.

جدول (1-14) متوسط تكلفة إنقطاع القدرة بالمصانع*
(Average cost)

جميع المصانع	$ 6.43/kW +$9.11/kWh
المصانع ذات القدرة أكبر من 1000KW كأقصى طلب (>1000KW max demand)	$ 3.57/kW +$3.20/kWh
المصانع ذات القدرة أقل من 1000KW كأقصى طلب (< 1000KW max. demand)	$15.61/kW +$27.57/kWh

*من تقرير لعدد 41 مصنع بالولايات المتحدة و كندا (نشر عام 1973 و تم تحديث بيانات التكاليف فى يوليو 1996)

جدول (2-14) تكلفة وسطية لإنقطاع القدرة بالمصانع*
(Median cost)

جميع المصانع	$ 2.35/kW +$2.82/kWh
المصانع ذات القدرة أكبر من 1000KW كأقصى طلب (>1000KW max demand)	$ 1.09/kW +$1.22/kWh
المصانع ذات القدرة أقل من 1000KW كأقصى طلب (< 1000KW max. demand)	$12.51/kW +$15.03/kWh

*من تقرير لعدد 41 مصنع بالولايات المتحدة و كندا (نشر عام 1973 و تم تحديث بيانات التكاليف فى يوليو 1996)

جدول(3-14) متوسط تكلفة إنقطاع القدرة بالمبانى التجارية

جميع المبانى التجارية*	طاقة غير موردة $21.77/kWh
المبانى المكتبية فقط	طاقة غير موردة $26.76/kWh

* من تقرير لعدد 54 مبنى بالولايات المتحدة (نشر عام 1995 و تم تحديث بيانات التكــاليف فــى يوليو 1996)

جدول (4-14) تــكاليف إنــقطاع القدرة كــدالة فى فتــرة الإنقطـــاع بالمبـــانى المكتبية (و المحتوية على حاسبات شخصية)

إنقطاع التغذية	عدد العينات	التكلفة / أقصى KWh غير مورد		
		الأقصى	الأدنى	المتوسط
فترة 15 دقيقة	14	$67.10	$5.68	$26.85
فترة 1 ساعة	16	$75.29	$5.68	$25.07
فترة > 1 ساعة	10	$204.23	$0.48	$29.63

التحليل الإقتصادى لإعتمادية النظم الكهربائية [5]

من أكثر الطرق شيوعا للتحليل الإقتصادى لإعتمادية النظم الكهربائية طريقـة " العائـدات المطلوبة" "RR" و " أقل عائدات مطلوبة " (Minimum revenue requirement)

تساوى MRR مجموع الآتى:

أ- نفقات التشغيل المتغيرة

ب- أقل أرباح مقبولة

ج - الإهلاك (depreciation)

د - ضرائب الدخل (income taxes)

هـ- نفقات التشغيل الثابتة

و تكون معادلة MRR كالآتى:

$$G=X+C*F \quad (3)$$

حيث:

G = the MRR to achieve minimum acceptable earnings

= MRR التىتحقق أقل أرباح مقبولة

X = the non-fixed or variable operating expenses

= نفقات التشغيل المتغيرة

C =the capital investment

= إستثمار رأس المال

F = the fixed investment charge factor

= عامل صرف الاستثمار الثابت

النفقات المتغيرة X

تؤدى أعطال المكونات إلى زيادة النفقات المتغيرة . و تزيد خطورة هذه الأعطال كلما اتسع تأثيرها على المكونات المحيطة بالشبكة و على نوع شبكة التوزيع المسـتخدمة . يكـون

لجودة مكونات الشبكة تأثير مؤثر على عدد الأعطال الحادثة. و تزيد عدد الأعطـــال تبعـــا لسوء التغذية الكهربائية و عدم مهارة المشغلين و التطبيقات الهندسية السيئة.

عند حدوث عطل , تزيد النفقات المتغيرة فى إتجاهين : إحدهما الزيادة نتيجة العطل نفسه , بينما الزيادة الأخرى تتناسب مع فترة العطل.

بالنسبة للزيادة الناتجة من العطل نفسه فإنها تشتمل على:

- المعدات المنهارة
- توقف أو سكب المنتج
- التكاليف الإضافية للصيانة
- تكاليف إصلاح المعدات المنهارة

بينما الزيادة نتيجة زمن التوقف بداية من وقت حدوث العطل و حتى إعادة تشغيل المحطة فإنها تحدث من :

- تأثير الإصلاح , خاصة إذا كانت الشبكة إشعاعية.
- تأثير التحويل من المصدر العاطل إلى المصدر البديل للتغذية.

أثناء توقف المحطة , يحدث توقف للإنتاج أيضا . هذا التوقف يؤدى إلى عدم إتاحية بيع المنتج وفقد فى العائد . وخلال ذلك يمكن وفر بعض المصروفات مثل تكلفة المواد و أجور العمالة و تكلفة الوقود ,.....

بعض المصروفات المتغيرة تعتمد على تغيير فترة التوقف. مثلا , إذا كان زمن توقف المصنع ساعة واحدة عندئذ لن يحدث وفر فى أجور العمالة. بينما إذا كانت فترة التوقف تتعدى 8 ساعات عندئذ يمكن حدوث وفر فى أجور العمالة.

يمكن التعبير عن المصروفات المتغيرة , عندما تكون قيمة الإنتاج المفقود ثابتة لكل ساعة, كما فى المعادلة الآتية:

$$X=\lambda[\, x_i+(g_p-x_p)(r+s)] \qquad (4)$$

حيث

X= the variable expenses ($/y)

النفقات المتغيرة (دولار/السنة) =

λ=the failure per year or failure rate

معدل العطل أو الأعطال فى السنة =

x_i =the extra expenses incurred per failure($/failure)

النفقات الزائدة المستهدفة لكل عطل (دولار/عطل) =

g_p = the revenues lost per hour of plant downtime ($/h)

فقد العائدات كل الساعة لفترة توقف المحطة (دولار/ ساعة)=

x_p =the variable expenses saved per hour of plant downtime($/h)

وفر المصروفات المتغيرة لكل ساعة لفترة توقف المحطة (دولار / ساعة) =

r= the repair or replacement time after a failure (or transfer time if not radial system), in hours

زمن الإصلاح أو الإستبدال بعد حدوث العطل (أو زمن التحويل فى حالة ما إذا كان النظام غير إشعاعى) بوحدة "ساعة" =

s= the plant startup time after a failure , in hours

زمن بداية تشغيل المحطة بعد العطل , بوحدة " ساعة" =

مثال(1):

بفرض أن

λ =0.1 fail/y
x_i =$ 55000/fail
g_p =$ 22000/h
x_p =$ 16000/h
r=10 h/fail
s= 20 h/fail

احسب قيمة النفقات المتغيرة (X)

الحل :

$$X=(0.1)[55000+(22000-16000)(10+20)]$$
$$=\$23500\ /y$$

يشير معدل العطل 0.1 عطل فى السنة أن الزمن المتوسط بين العطلين (mean time between failures) يساوى 10 سنوات. أو يمكن أن يحدث عطلين خلال 10 سنوات بينما لا تحدث أعطال خلال العشرة سنوات التالية . و لكن مهما كان الأحتمال فإن متوسط معدل العطل 0.1 عطل فى السنة بتكلفة متوسطة لكل عطل تساوى 235000 $. هذا يشير إلى أن متوسط تكلفة العطل فى السنة تساوى 23500$.

هذا يعنى أن على الرغم من أن تكلفة الأعطال تكون 235000$ و أن العطل يحدث كل عشرة سنوات مرة ، فإن القيمة السنوية المكافئة تساوى 23500$ كل سنة و هى تساوى القيمة المتوسطة للعطل الواحد كل 10 سنوات.

العامل F

هو العامل المستخدم فى المعادلة (3)

يشمل العامل F العناصر الآتية:

أ- أقل معدل مسموح لإسترجاع الأستثمار ، مع الأخذ فى الإعتبار المخاطر

ب- ضرائب الدخل

ج- الإهلاك

د- النفقات الثابتة

و لحساب العامل F تستخدم المعادلة الآتية:

$$F=\frac{\left[\left(S_c a_L / f_r\right)-t\overline{d_t}\right]}{(1-t)}+e \qquad (5)$$

ويمكن أيضا إستخدام المعادلة التالية:

$$F = \bar{r} + \bar{d} + \bar{t} + e \qquad (6)$$

حيث

$a_n = R + d_n$

= amortization factor or leveling factor

= عامل إستهلاك الدين =

$d_n = R/(S_n - 1)$

= sinking fund factor

= عامل مال التسديد =

$S_n = (1+R)^n$

= growth factor or future value factor

= عامل النمو أو عامل القيمة المستقبلية =

n =the period of years , such asC or L

= الفترة بالسنوات , مثل C أو L =

C = the years prior to startup that an investment is made

= السنوات قبل التشغيل و بذلك يكون قد تم الإستثمار =

L = the life of investment years

= فترة سنوات الإستثمار =

R = the minimum acceptable earnings per $ of C (investment).

= أقل مكسب مسموح لكل $ لفترة الإستثمارC =

f_r =the probability of success or risk adjustment factor

= إحتمالية عامل ضبط النجاح أو المخاطر =

t =the income taxes per $ of C (investment)

= ضرائب الدخل لكل $ لفترة الإستثمارC =

$\overline{d_t}$ = the income tax depreciation,Levelized per $ of C (investment)

$= \frac{1}{L}$

إهلاك ضريبة الدخل , الإستهلاك لكل $ لفترة الإستثمار C =

e =the fixed expenses per $ of C (investment)

النفقات الثابتة لكل $ لفترة الإستثمار C =

$\bar{r}$ = the levelized return on investment per $ of C (investment)

إسترجاع متساوى للإستثمار لكل $ لفترة الإستثمار C =

$\bar{d}$ = the levelized depreciation on investment per $ of C (investment)

إهلاك متساوى للإستثمار لكل $ لفترة الإستثمار C =

$\bar{t}$ = the levelized income taxes on investment per $ of C (investment)

ضرائب الدخل المتساوية للإستثمار لكل $ لفترة الإستثمار C =

مثال (2):

بفرض أن

L= 20 years = عمر الإستثمار

C= 1 year

R=0.15= أقل معدل إسترجاع مقبول

f_r=1= عامل ضبط المخاطر

t=0.5= معدل ضريبة الدخل

$\overline{d_t} = 1/L = 0.05$

e=0.0825

أحسب العامل F

الحل:

$S_c=(1+R)^c=(1+0.15)^1=1.15$

$S_L=(1+R)^L=(1+0.15)^{20}=16.37$

$d_L = R/(S_L-1) = 0.15/(16.37-1) = 0.0098$
$a_L = R + d_L = 0.15 + 0.0098 = 0.1598$

باستخدام المعادلة (5) نحصل على F

$$F = \left[\frac{(1.15)(0.1598)/(1.0) - (0.5)(0.05)}{(1-0.5)}\right] + 0.0825$$
$$= 0.04$$

مراحل إجراء المقارنات الإقتصادية

أ- تجهيز الرسومات الخطية (single –line diagrams) للخطط البديلة و حدد معدلات الأعطال , و أزمنة الإصلاح , و الإستثمارات لكل مكون , ثم أحسب الإستثمار الكلى C لكل خطة.

ب- أحسب X , الزيادة فى التكاليف المتغيرة , لكل خطة كمجموع لقيمة الإنتاج المفقود و, تكاليف المصروفات المتغيرة المستهدفة

ج- أحسب F , عامل صرف الإستثمار الثابت , و ذلك من المعادلة (5)

د- أحسب G لكل خطة من المعادلة التالية:

$$G = X + C.F$$

هـ-إختار , إقتصاديا , الخطة التى لها أقل قيمة لـ G

تكاليف معدات تحسين الإعتمادية

توجد معدات متعددة تستخدم لتحسين الإعتمادية لشبكة التغذية الكهربائية يوضح جدول (5-14) أمثلة لهذه المعدات و مقنن القدرة و الفترة الزمنية لتشغيلها و قيمتها المالية.

من أمثلة ذلك عند إحتياج أى شخص لتحسين إعتمادية الحاسب الآلى فإنه يحتاج إلى وحدة UPS قدرة 300W بحوالى 50 $

بينما فى حالة الإحتياج لمصدر إحتياطى لجميع أحمال منزل فإنه يحتاج إلى مولد غاز قدرة 5KW بقيمة حوالى 700 $

كذلك يمكن للمنشآت الصناعية و التجارية تحسين الإعتمادية بأختيار المعدة المناسبة.

جدول (5-14) التكلفة التقليدية لمعدات الإعتمادية -جهة المشترك

المعدة	القدرة KW	الفترة الزمنية	السعر $
وحدة إحتياطية للتغذية عند إنقطاع التغذية (Uninterruptible power supply) UPS	0.3	15 min	50
مولد غاز Gas generator	5.0	NA	700
مفتاح تحويل يدوى Manual transfer switch	500	NA	8000
مفتاح تحويل آلى Automatic transfer switch	500	NA	10000
مولد ديزل Diesel generator	500	NA	100000
مكثف ألترا Ultra capacitor	500	3 sec	175000
وحدة إحتياطية للتغذية تحتوى على بطارية حمضية بألواح رصاص Lead Acid battery UPS	500	30 sec	200000
تخزين الطاقة بموصلات فائقة السرعة Superconducting magnetic energy storage	500	3 sec	300000
مفتاح تحويل إستاتيكى Static transfer switch	10000	NA	500000

NA: غير متاح

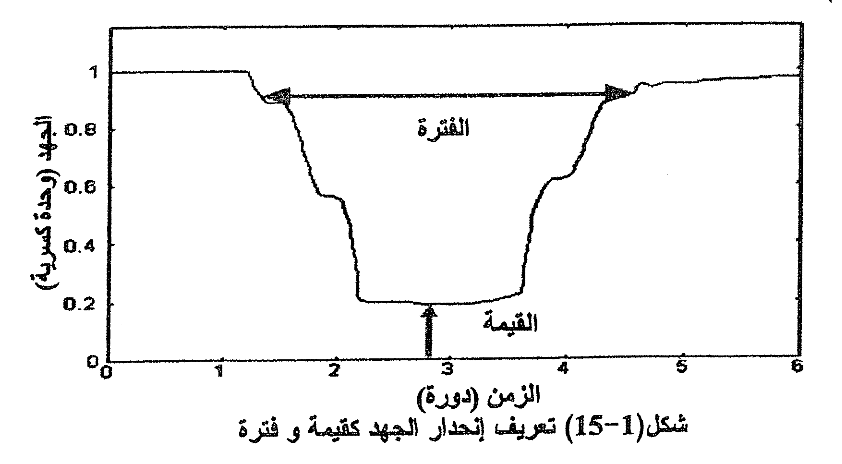
الباب الخامس عشر

مؤشرات إنحدارات الجهد
Voltage Sag Indices

إنحدار الجهد [1] (Voltage sag or Voltage dip)

يعتبر إنحدار الجهد من المؤشرات الهامة لإعتمادية النظام . أحيانا تكون التحكمــات فــى العمليات الحديثة حساسة جداً لإنحدارات الجهد . و تؤدى التوليفة , بين حساسية المعدات و حدوث إنحدارات الجهد , إلى التوقف الملحوظ للمنتج .

يعرف إنحدار الجهد بأنه إنخفاض للجهد (rms) لفترة قصيرة (من 0.5 إلــى 30 دورة) نتيجة حدوث قصر بالشبكة أو نتيجة بداية تشغيل أحمال كبيرة مثل المحركات. يوضح شكل (1-15) تعريف إنحدار الجهد.



شكل(1-15) تعريف إنحدار الجهد كقيمة و فترة

---

[1] تستخدم لإنحدارالجهد voltage sag فى المواصفات الأمريكية IEEE بينما تستخدم voltage dip فــى المواصفات الأوربية IEC

و يبين جدول (1-15) إن المواصفات القياسية العالمية IEEE 1100-1992 قد صنفت الإنحدار إلى ثلاثة أنواع طبقا لفترة إنحدار الجهد.

جدول (1-15) أزمنة و قيم إنحدارات الجهد طبقا للمواصفات القياسية العالمية [24] IEEE 1100-1992

نوع الإنحدار	الفترة الزمنية	قيمة الجهد (p.u)
إنحدار فورى (Instantaneous sag)	0.5 -30 cycle	0.1 – 0.9
إنحدار لحظى (Momentary sag)	30 cycle -3 s	0.1 – 0.9
إنحدار مؤقت (Temporary sag)	3 s -1 min	0.1 – 0.9

فى هذا الباب سنتعرض فقط لتأثير دوائر القصر (short circuits) , بالشبكات الكهربائية, على إنحدارات الجهد

المعدات الحساسة لإنحدار الجهد

تختلف حساسية المعدات الكهربائية لدى المشتركين , تبعا لقيمة إنحدارات الجهد. تعتمد حساسية المعدات لإنحدارات الجهد على نوع الحمل (Load type) & و ضبط التحكمات (control settings) و التطبيقات.

من خصائص إنحدار الجهد قيمة الإنحدار و فترة بقائه . و من الخصائص الآخرى الأقل شيوعا : زاوية الإزاحة (phase shift) و عدم الإتزان (unbalance) و الجهد المفقود (missing voltage) , و عدم إتزان الأطوار الثلاثة خلال حدوث الإنحدار و موضع بداية و نهاية الإنحدار على موجة الجهد.

عموما تصنف المعدات الحساسة لإنحدارات الجهد إلى :

أ- معدات ذات حساسية لقيمة إنحدار الجهد فقط:

من أمثلة هذه المجموعة أجهزة الوقاية ضد إنخفاض الجهد (undervoltage relays) و التحكم فى العمليات (process controls) , و التحكم فى مديرات السرعة بالإضافة إلى أنواع متعددة من الماكينات الأوتوماتية (مثل معدات تصنيع أشباه الموصلات) حيث تكون هذه المجموعة حساسة لأدنى (أو أقصى) قيمة جهد تتعرض لها و ذلك عند حدوث الإنحدار (أو عند حدوث الإنتفاخ swell) . و عادة تمثل فترة إستمرار الإضطراب أهمية ثانوية لهذه المجموعة من المعدات.

ب- معدات ذات حساسية لكل من قيمة إنحدار الجهد وفترة بقائه :

عمليا هذه المجموعة تشمل جميع المعدات المحتوية على مصادر التغذية الإلكترونية (electronic power supplies) . حيث يحدث لهذه الأجهزة أشتغال خاطئ أو تعطل عندما يهبط جهد المخرج , لمصدر التغذية , لأقل من القيم المحددة . و عليه , فإن الخصائص الهامة لهذه المجموعة من المعدات هى الفترة الزمنية التى عندها يكون الجهد أقل من قيمة بداية محددة و التى تسبب فصل المعدة.

ج- معدات ذات حساسية لخصائص أخرى غير قيمة و فترة الإنحدار :

تتأثر بعض المعدات بخصائص غير خصائص الإنحدار مثل تأثرها بعدم إتزان الأطوار الناتج من حالة إنحدار الجهد , و هى الموضع على الموجه و التى عندها يبدأ الإنحدار , أو أى إهتزازات عابرة للجهد تحدث خلال حالة الإضطراب , تعتبر هذه الخاصية غير ملحوظة مقارنة بخاصية قيمة و فترة الإنحدار بينما يكون تأثيرها أكثر صعوبة لتعميمها.

بالنسبة لأحمال المشترك النهائى و التى تتصف بإنها عمليات حساسة , فعادة يجب أن يؤخذ فى الإعتبار مقدرة معدات الأحمال على إجتياز إنحدار الجهد (voltage sag ride-through) هذه الأحمال تتأثر بالإضطرابات ذات الفترات القصيرة جدا و عمليا فإن جميع

حالات إنحدارات الجهد تستمر على الأقل من 4 إلى 5 دورات (cycles) (فيما عدا الأعطال التى تعزل من خلال مصهرات الحد من التيار (current limiting fuses)

دوائر القصر و إنحدارات الجهد (short –circuits and voltage sags)

فى الشبكات الكهربائية تعرف دائرة القصر , و التى يطلق عليها تجاوزا "بالقصر" , بإنها حدوث توصيلة تكون إما مصادفة أو عمدا , بين أحد الأطوار (A&B&C) و الأرضى أو بين طوريين أو بين الأطوار الثلاثة معا أو بينهم و الأرضى .. تؤدى هذه التوصيلة إلى تدفق مفرط للتيار الكهربى , مما قد يؤدى إلى حدوث تلف فى مكونات الشبكة و بالتالى فصل الدائرة الكهربائية.

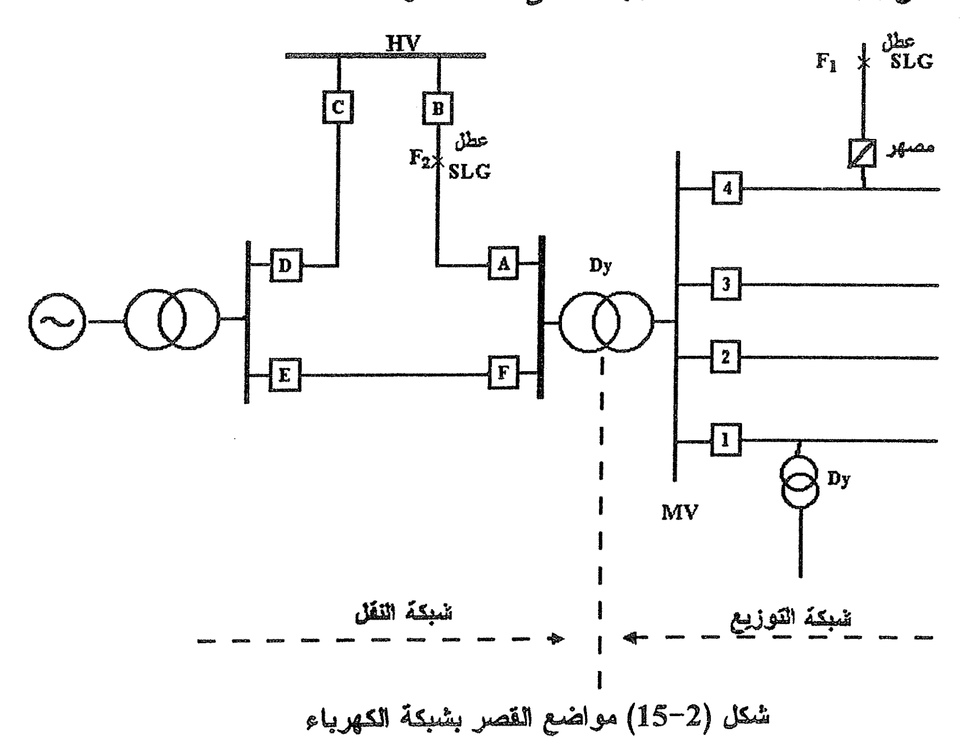
يعتبر القصر أحد الأسباب الرئيسية لحدوث إنحدارات الجهد بالشبكة الكهربائية أو شبكة المشترك النهائى . من الأسباب الأخرى لحدوث إنحدارات الجهد بداية تشغيل المحركات و ماكينات اللحام.

عند سريان تيارات القصر فى الخط (أو الخطوط) يحدث هبوط فى الجهد (voltage drop) ثم يرتفع الجهد بمجرد عزل العطل (أو القصر) عن طريق إشتغال أجهزة الوقاية . يمكن أن يحدث القصر على مسافة عدة كيلومترات من أحمال معينة حساسة و على الرغم من ذلك يسبب مشاكل مؤثرة. يجب معرفة و فهم هبوط الجهد المصاحب للقصر و عملية عزل العطل قبل محاولة دراسة توقع و تقييم إنحدارات الجهد.

يوضح شكل (2-15) جزء من الشبكة الكهربائية موقعا عليها مواضع الأعطال.

عند حدوث عطل (قصر) على نفس المغذى فإن المشترك سيتعرض لإنحدار جهد أثناء العطل يتبعه إنقطاع بمجرد فتح قاطع التيار و الذى يعزل العطل . إذا كان العطل المؤقت , فإن القاطع سيعاد تشغيله بنجاح و بالتالى يكون الإنقطاع مؤقت.

و لذا يحتاج قاطع التيار لتشغيله من 5 إلى 6 دورات , و ذلك خلال الفترة الزمنية لحدوث إنحدار الجهد . سيظل القاطع مفتوح لفترة على الأقل 12 دورة و حتى 5 ثوانى إعتمادا على خصائص الشبكة الكهربائية,وغالبا سوف تفصل الأجهزة الحساسة خلال هذا الإنقطاع.
من أكثر الأعطال شيوعا حدوث قصر على مغذى آخر غير مغذى المشترك أى يحدث قصر على مغذى التوازى (parallel feeder) أو حدوث قصر فى أى مكان فى منظومة النقل (transmission system) , مثل العطل F_2 فى شكل (15-2).فى جميع هذه الحالات يتعرض المشترك لإنحدار الجهد خلال فترة وجود العطل على الشبكة . و بمجرد فتح القاطع يعزل العطل , و يعاد الجهد الأسمى عند المشترك.



شكل (15-2) مواضع القصر بشبكة الكهرباء

فى شكل (15-2) يلاحظ أن

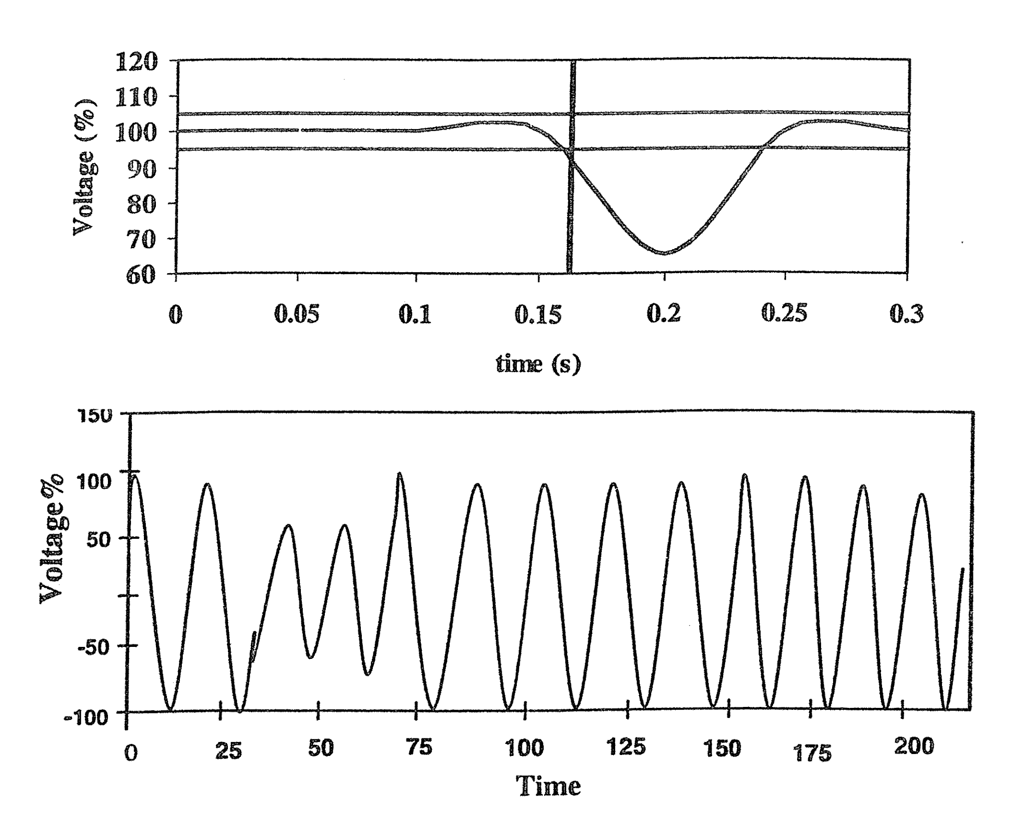
- لعزل العطل F_2 (و هو قصر بين خط الأرضى single –line to ground (SLG)) يجب إشتغال القاطعين A,B

قواطع التيار بشبكة النقل تعزل العطل خلال 5 أو 6 دورات. و نتيجة تغذية شبكة التوزيع من خلال خطين متوازيين فإنه عند إشتغال القاطع A فإن التغذية تستمر من خلال القاطع F و على ذلك فإن المشترك لا تنقطع عنه التغذية و لكنه يتعرض للإنحدار أثناء فترة القصر.

- يعزل العطل F_1 إما من خلال المصهر أو بفصل القاطع رقم 4

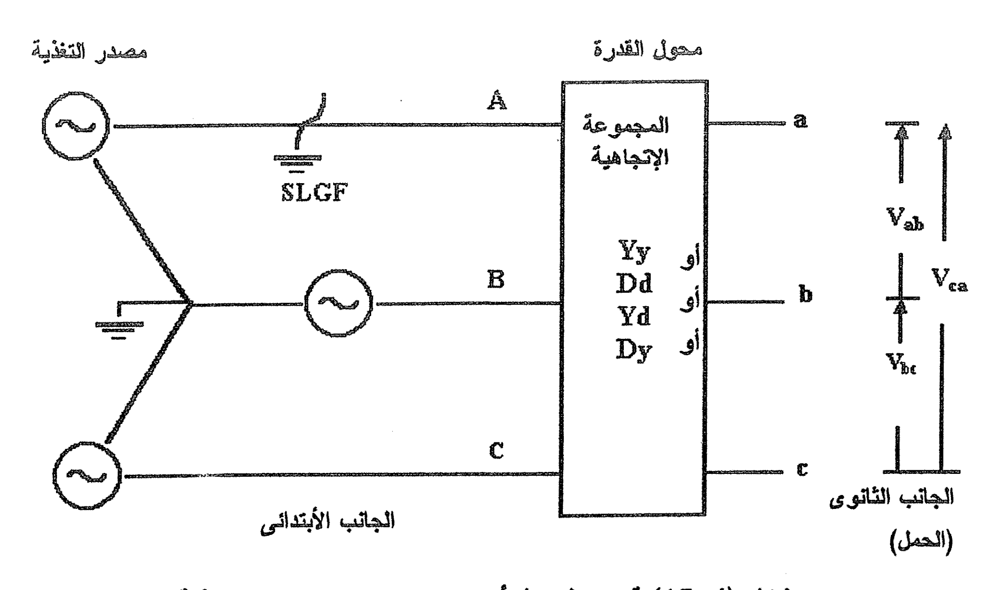
يوضح شكل (15-3) إنحدار الجهد الحادث نتيجة قصر على مغذى التوازى . يعتمد أداء إنحدار الجهد , لمشترك محدد, على ما إذا كان المشترك يتغذى من منظومة النقل أو من شبكة التوزيع . للمشترك الذى يتغذى من منظومة النقل فإن إنحدار الجهد يعتمد فقط على أداء العطل بشبكة النقل . على الجانب الآخر بالنسبة للمشترك الذى يتغذى من شبكة التوزيع , فإن إنحدار الجهد يعتمد على أداء العطل لكل من منظومة النقل و منظومة التوزيع.

تتأثرخصائص معدات المشتركين بتغير الجهد الحادث من خلال توصيله المحول (المجموعة الإتجاهية vector group) و على توصيلة المعدات , و التى إما أن تكون طور و الأرض (phase – to – ground) أو طور / طور (phase – to – phase)



شكل (3-15) إنحدار جهد الطور B نتيجة حدوث قصر على مغذى التوازى
فترة الإنحدار = 0.05 ثانية
لأقل قيمة للجهد =65.8%

يوضح جدول (15-2) تلخيص لقيم الجهود عند مشتركى المحول من جهة الجهد الثانوى و ذلك عند حدوث عطل طور و الأرضى بالجهة الإبتدائية للمحول, كما فى شكل (15-4)



شكل (15-4) قصر طور / أرضى بالقرب من مصدر التغذية

تعتمد قيمة أدنى جهد ثانوى على طريقة توصيل المعدات كما يلى :

- تتعرض المعدات الموصلة طور/ طور لأقل جهد يساوى 33%
- تتعرض المعدات الموصلة طور / الأرضى لأقل جهد يساوى 58%

و يوضح جدول(15-3) تأثير توصيلة المحول (المجموعة الإتجاهية vector group) على إنحدار الجهد.

جدول (2-15) الجهد الثانوى للمحول نتيجة قصر طور / أرضى على الجانب الإبتدائى للمحول [22]

التوصيلية الإتجاهية للمحول Transformer connection (primary/secondary)	الجهد بين طورين Phase – to- Phase			الجهد بين طور و التعادل Phase – to -neutral			الرسم الإتجاهى Phasor diagram
	V_{ab}	V_{bc}	V_{ca}	V_{an}	V_{bn}	V_{cn}	
a a a a	0.58	1.00	0.58	0.0	1.00	1.00	c 120° a b
a a a a a a	0.58	1.00	0.58	0.33	0.88	0.88	C 158⁰ a b
a a a a	0.33	0.88	0.88	--	--	--	C b a
a a a a	0.88	0.88	0.33	0.58	1.00	0.58	c a 150⁰ b

جدول(3-15) تأثير توصيله المحول على إنحدارات الجهد [5]

نوع توصيلة المحول Type of transformer connection	جهد طور/أرضى بوحدة pu نتيجة عطل طور / أرضى Phase –to- ground voltage in per unit of phase – to – ground fault			جهد طور/طور بوحدة pu نتيجة عطل طور / طور Phase –to- phase voltage in per unit of phase – to – phase fault		
	A	B	C	A-B	B-C	C-A
نجمة /نجمة مؤرضة (Ground wye – wye)	0.644	0.986	0.988	0.796	1.00	0.835
توصيلةالمحول الأول دلتا / نجمة (First delta –wye)	0.835	0.796	1.00	0.745	0.926	0.959
توصيلةالمحول الثانى دلتا/نجمة (second delta-way)	0.959	0.745	0.926	0.835	0.796	1.00

عموما لفهم كيف تخلق حالة القصر أو العطل إنحدارات الجهد , سنتعرض لشبكة التوزيع الموضحة فى شكل (5-15) أ حيث تتغذى ثلاثة مغذيات $F_1\&F_2\&F_3$ من محول قدرة 25MVA, لكل مغذى قاطع تيار و أجهزة حماية تكون مسئولة عن إكتشاف الأعطال و عزلها . تم توضيح تغذيات مغذى F_1 و الذى يحتوى على مصهرات (fuses) و أجهزة إعادة التوصيل (reclosers) , و محول توزيع قدرة 1500KVA يغذى الأحمال الصناعيةأو التجارية بالجهد المنخفض عند موضع الحمل C.

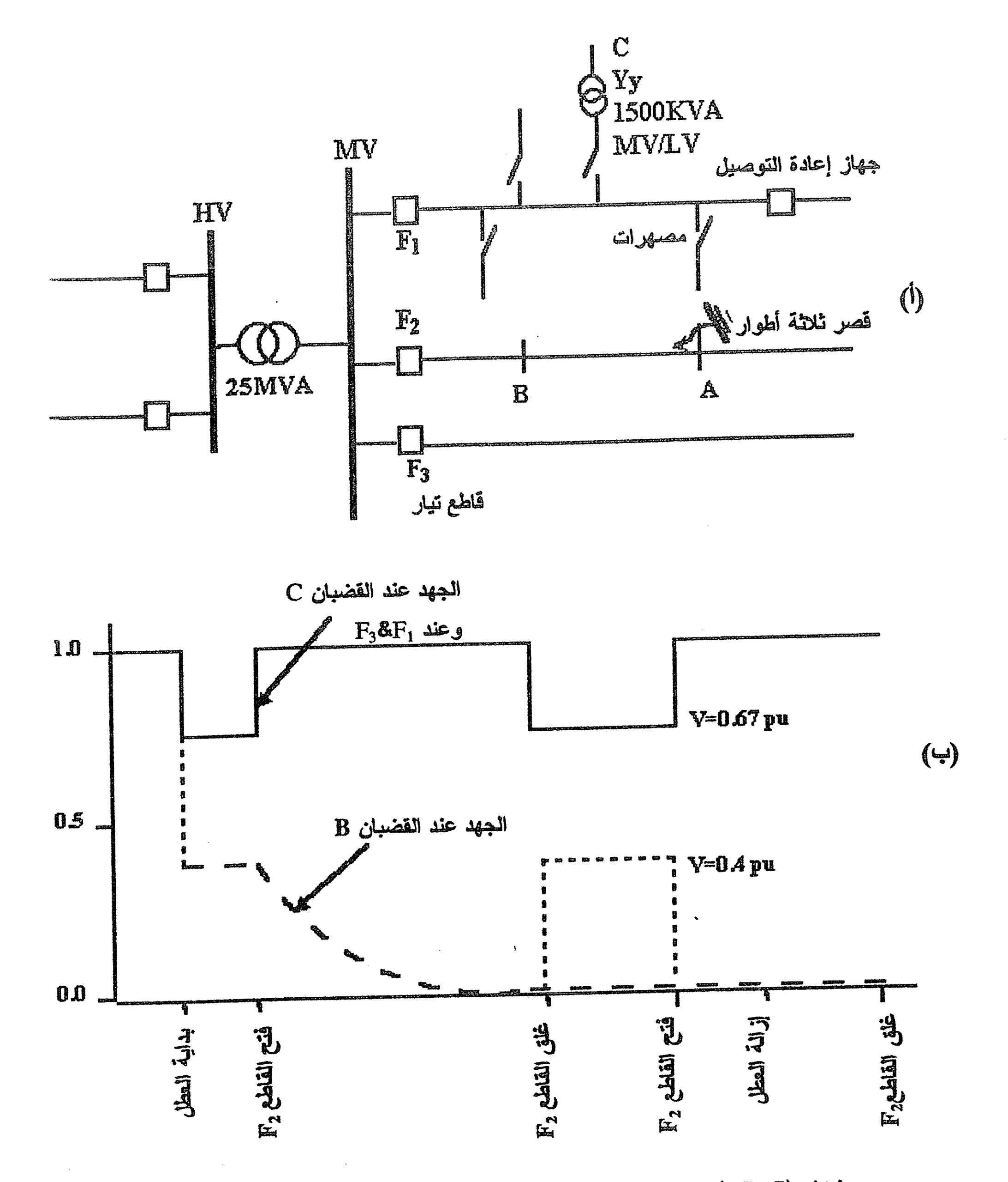
يوضح شكل (5-15) ب التغير فى جذر متوسط مربعات الجهد (rms voltage) عند حدوث قصر مؤقت ثلاثى الطور عند الموضع A على المغذى F_2 . يبين الخط المتقطع بالشكل الجهد الحادث عند الموضع B بينما يوضح الخط المستمر جهد المغذيين $F_2\&F_1$ و كذلك جهد الحمل C و ذلك عند حدوث نفس العطل . و يوضح محور الزمن تتابع الأحداث .مع مراعاة وجود جهاز إعادة التوصيل على المغذيات . حيث تسبب عملية إعادة التوصيل إنحدارات جهد متعددة تصاحب عطل دائم واحد . يمثل إنهيار الجهد , المصاحب للإنقطاع الأول , إنهيار جهد المحرك . و يحدث فصل للمحرك قبل إعادة التوصيل.

تتعرض جميع الأحمال المغذاة من F_2 بما فيهم B إلى إنقطاع كامل للتغذية الكهربائية عند عزل العطل نتيجة فصل قاطع المغذى F_2.

بينما تتعرض جميع الأحمال على المغذيين $F_3\&F_1$ لإنحدارين فى الجهد.

يبدأ الإنحدار الأول مع بداية العطل . بينما يبدأ الإنحدار الثانى عند إعادة توصيل المفتاح F_2. ينتج إنحدار الجهد نتيجة مرور تيار القصر خلال المعاوقة (impedance) و حتى العطل.يعود جهد المغذين $F_3\&F_1$ إلى القيمة الأسمية بمجرد فتح قاطع F_2 . و لكن لسوء الحظ , تتعرض الأحمال الحساسة على المغذين $F_3\&F_1$ لتوقف الإنتاج إذا كانت قيمة إنحدار الجهد و فترة إستمراره أكبر من التى تتحملها هذه الأحمال الحساسة.

أيضا تحدث إنحدارات الجهد نتيجة قصر طور واحد أو قصر لطورين . و تختلف قيمة الإنحدار من طور إلى آخر .



شكل (5-15) إنحدارات الجهد نتيجة قصر عند A و الجهد بعد إزالة العطل

تظهر نفس ظاهرة إنحدار الجهد عند حدوث أعطال على شبكات المنشآت الصناعية و التجارية . عند حدوث عطل على أحد المغذيات يحدث هبوط فى الجهد على جميع المغذيات الأخرى بالمنشآة.

مما تقدم نجد أن قيمة إنحدار الجهد , عند موضع معين , تعتمد على معاوقة النظام و معاوقة العطل و المجموعة الإتجاهية للمحول و مستوى الجهد قبل حدوث الإنحدار .

و يعتمد تأثير إنحدارات الجهد على خصائص و حساسية و أنواع أجهزة الأحمال.

قيمة إنحدارات الجهد المنفصلة

لحساب قيمة إنحدارات الجهد المتوقعة يجب معرفة معاوقات الشبكة (Network impedances) و معاوقة العطل (fault impedance) و موضع العطل بالنسبة للحمل الحساس.

و من الضرورى أيضا معرفة المجموعة الإتجاهية (vector group) للمحولات و قيم الجهد قبل حدوث الإنحدار.

يوضح شكل (15-6) تمثيل لجزء من الشبكة و معاوقة كل جزء بغرض حساب قيمة إنحدار الجهد.

و تحسب قيمة إنحدار الجهد V_{sag} طبقا للمعادلة التالية:

$$V_{sag} = \frac{Z_2 + Z_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (1)$$

مثال (1)

بفرض حدوث قصر للثلاثة أطوار (3-phase) عند القضيب A من خلال معاوقة عطل تساوى الصفر (Z_f=0) . يوضح شكل (15-7) جزء الشبكة F_2 فى شكل (15-5) موضحا عليه ممانعات التتابعية الموجبة (positive sequence reactances) [للتبسيط تستخدم الممانعة بدلا من المعاوقة مع إهمال المقاومة] .

يكون إتجاه سريان تيار القصر من القضبان اللا نهائية (infinite bus) إلى القصر عند A.

إحسب الجهود V_{HV} & V_{MV} & V_B

الحل

حساب الجهد V_B:

بإستخدام المعادلة (1) فإن

$Z_2=j1.05$ pu
$Z_f=0.0$
$Z_1=j0.2+j0.67+j0.7$

$$\therefore V_B = \frac{j1.05}{j0.2+j0.67+j0.7+j1.05} = \frac{j1.05}{j2.62} = 0.4 \quad pu$$

قيمة الجهد عند قضبان MV

$$V_{MV} = \frac{j0.7+j1.05}{j0.2+j0.67+j0.7+j1.05} = \frac{j1.75}{j2.62} = 0.67 \quad pu$$

قيمة الجهد عند القضبان HV

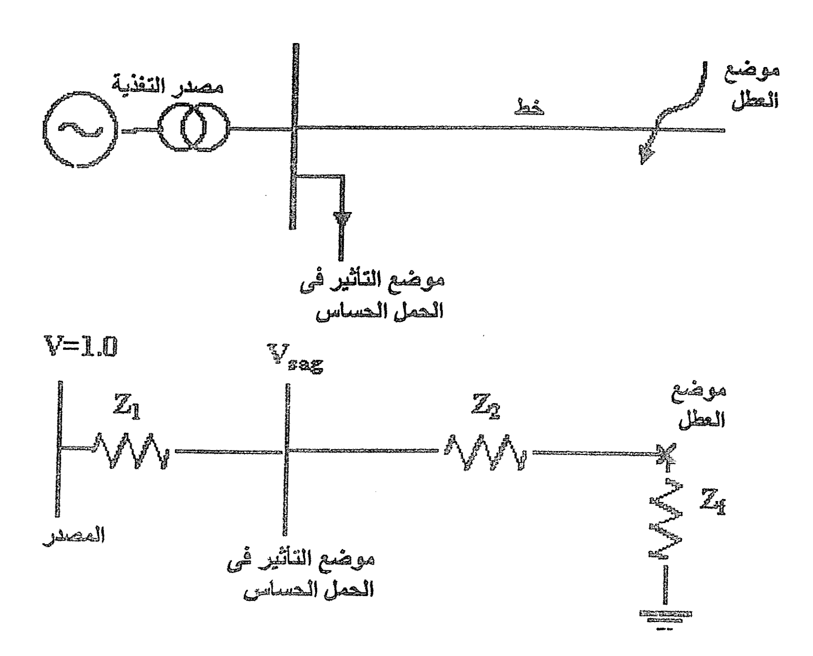
$$V_{HV} = \frac{j0.67+j0.7+j1.05}{j0.2+j0.67+j0.7+j1.05} = \frac{j2.42}{j2.62} = 0.92 \quad pu$$

يلاحظ من المثال السابق إن حدوث قصر على أحد المغذيات أثر على المغذيات الأخرى المجاورة.

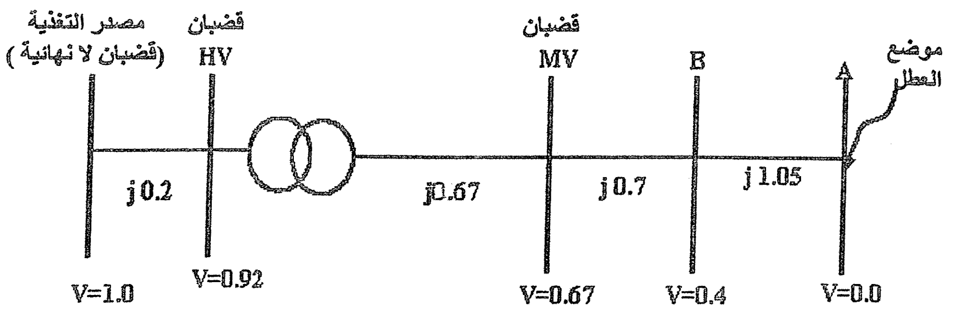
مثال (2)

يوضح شكل (8-15)أ جزء من شبكة كهربائية تغذى حمل Z_L

إرسم الدائرة المكافئة للمعاوقات و إستنتج معادلة V_{sag} مع فرض أن $Z_f=0$



شكل (15-6) مقسم المعاوقة لحساب قيم إنحدار الجهد



شكل (15-7) معاوقات مكونات الشبكة الموضحة فى شكل (15-5)
و قيم إنحدار الجهد بوحدة pu

الحل

يوضح شكل (15-8)ب الدائرة المكافئة للمعاوقات

و يكون معادلة إنحدار الجهد كالآتى:

$$V_{sag} = \frac{Z_2}{Z_3 + Z_2} \quad p.u$$

مثال (3)

يوضح شكل (15-9)أ جزء من شبكة كهربائية تغذى حملين Z_{L1} & Z_{L2} إرسم الدائرة المكافئة للمعاوقة و إستنتج معادلة V_{sag} مع فرض إن $Z_f=0$

الحل

يوضح شكل (15-9)ب الدائرة المكافئة للمعاوقات

و تكون معادلة إنحدار الجهد كالآتى:

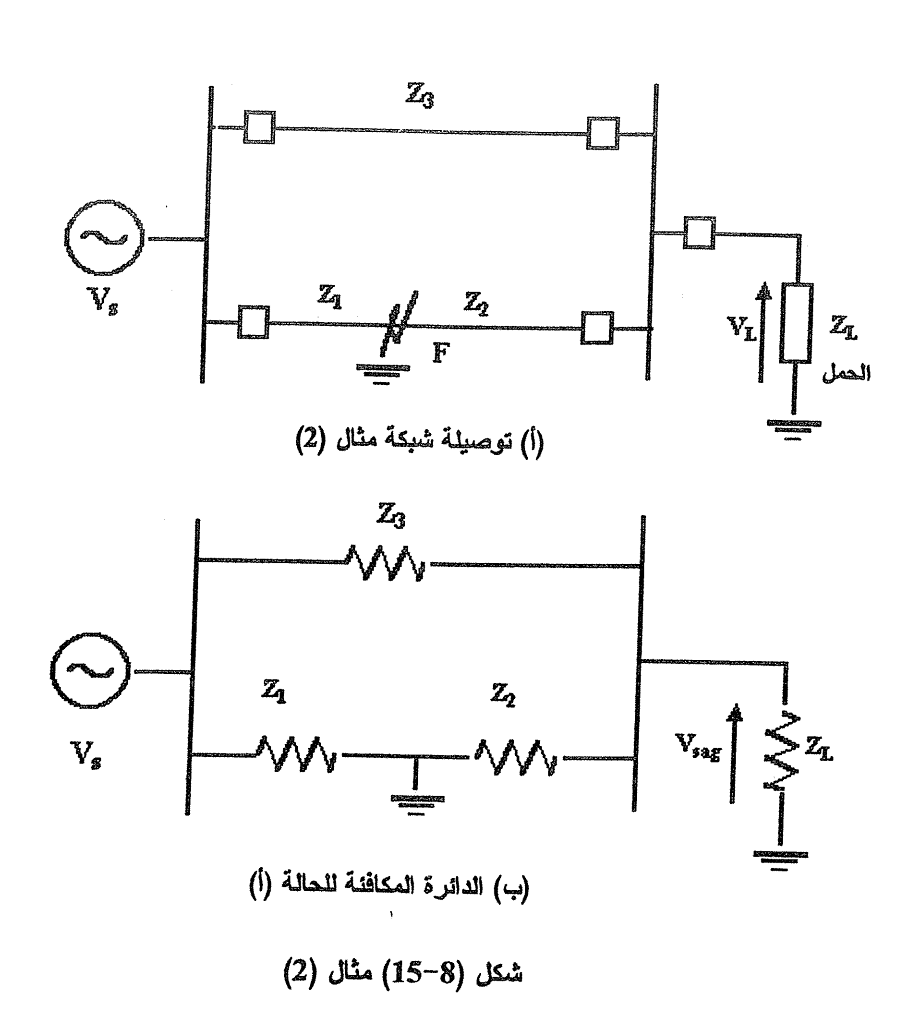
$$V_{sag} = \frac{Z_3}{Z_{eq} + Z_3}$$

$$Z_{eq} = Z_1 Z_2 / (Z_1 + Z_2)$$

$$Z_{eq} \ \& \ Z_3 << Z_4$$

و لإجراء الحسابات الدقيقة لإنحدارات الجهد يتم إستخدام معاوقة المكونات الكهربائية و التىتشمل المقاومة و الممانعة فى صور مركبات التتابعية الموجبة و السالبة و الصفرية (positive &negative &zero sequence components) بالإضافة إلى معاوقة العطل.

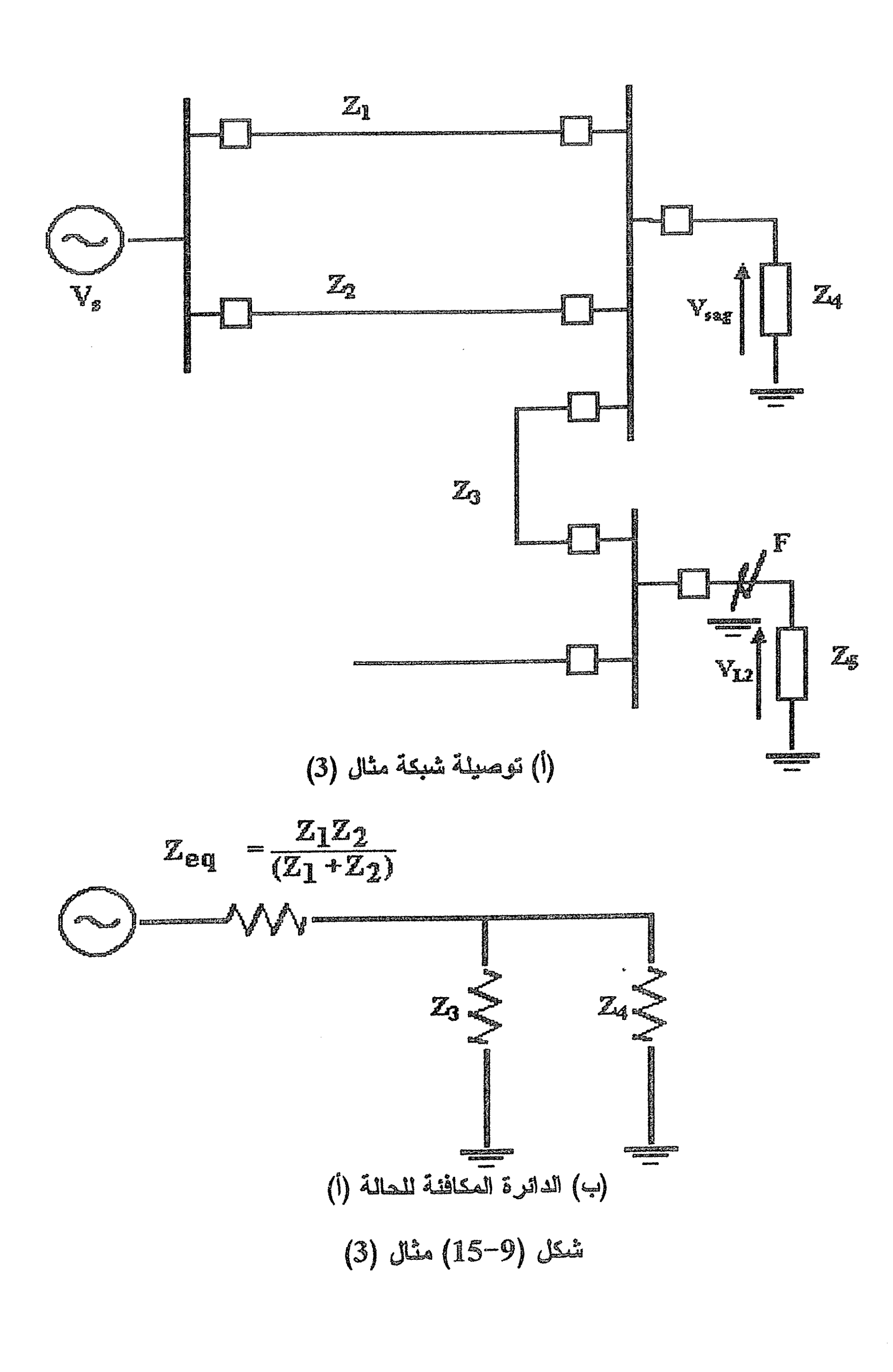
عادة تستخدم برامج لحساب إنحدارات الجهد بالشبكات الكهربائية , و يوضح جدول (15-4) نتائج تحليل برنامج حاسب آلى لشبكة جهد فائق تحتوى على 1000 قضيب رئيسى. يحتوى الجدول على قيمة الجهد بالوحدة الكسرية (pu) على أبعد قضبان عند



(أ) توصيلة شبكة مثال (2)

(ب) الدائرة المكافئة للحالة (أ)

شكل (8-15) مثال (2)



شكل (9-15) مثال (3)

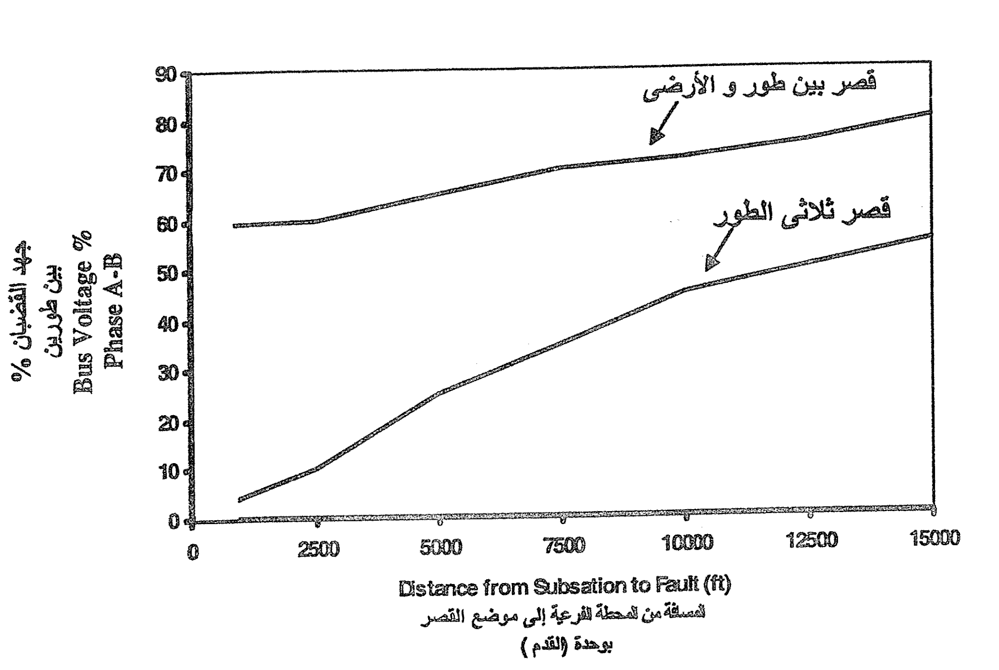
حدوث قصر على أحد قضبان الجهد الفائق. تمثل القيمة جهود المخرج من محطات التوزيع المغذاة من شبكة النقل خلال محول بتوصيلة إتجاهية (Dy).

مثلا , لقضيب على بعد 56 كم من القضيب الحادث عليه قصر ثلاثى الطور فإن قيمة الجهد تساوى 0.67 pu مع فرض أن الجهد قبل القصر يساوى 1.0pu يلاحظ إنه ينتج عن قصر على شبكة الجهد العالى إنحدارات جهد مؤثرة فى كثير من المدن و لمساحات تساوى عدة مئات من الكيلومتر المربع. أيضا يجب ملاحظة أن المسافة الطبيعية لا تتحول مباشرة إلى مسافة كهربائية , مثلا إنحدار الجهد عند قضبان على بعد 42 كم من العطل يكون أقل من الإنحدار عند قضبان على بعد 56 كم.

جدول (4-15) جهد الشبكة لمسافات مختلفة من قضيب الجهد الفائق الحادث عليه قصر [5]

كيلو متر مسافة من القصر Number of kilometer from the fault	أدنى جهد لكل نوع عطل (قصر) Lowest phase voltage for each type of fault		
	3Φ	Φ to Φ	Φto ground
0 to 8	0 to 0.6	0 to 0.7	0 to 0.75
42	0.71	0.82	0.87
56	0.67	0.76	0.81
64	0.71	0.78	0.84
86	0.84	0.88	0.91
153	0.94	0.97	0.95
156	0.88	0.91	0.92

يبين شكل (15-10) مثال لقيمة إنحدار الجهد عند المشترك النهائى كدالة فى موضع القصر على طول دائرة مغذى التوازى.



شكل (10-15) العلاقة بين إنحدار الجهد بين طورين و بعد المحطة الفرعية عن موضع القصر .

فترات الإنحدار (Duration of sags)

يستمر كل إنحدار جهد طالما سمحت معدات الوقاية بمرور تيارات العطل. يوجد أنواع متعددة لمعدات عزل العطل. لكل منها أدنى زمن مطلق تحتاجه المعدة لعزل العطل . بالإضافة إلى أنه يجب مراعاة التأخير الزمني بين معدات الوقاية على مكونات الشبكة المتصلة على التوالى.

يوضح جدول (5-15) أزمنة العزل (clearing times) لبعض الأجهزة شائعة الإستعمال كذلك يبين العدد المسموح لإعادة محاولة إستعادة التوصيل الآلى.

جدول (5-15) أزمنة العزل و عدد مرات إستعادة التوصيل لبعض أجهزة عزل العطل [5]

نوع أجهزة عزل العطل Type of fault – clearing device	زمن العزل بوحدة دورة (clearing time in cycles)		
	أقل تأخير (Typical minimum)	التأخير الزمنى النموذجى (Typical time delay)	عدد مرات محاولة الإعادة (number of retries)
مصهر طرد (Expulsion fuse)	0.5	0.5 to 60	--
مصهر حد التيار (Current – limiting fuse)	0.25 أو أقل	0.25 to 6	--
جهاز إعادة التوصيل الإلكترونى (Electronic recloser)	3	1 to 30	0 to 4
قاطع تيار زيتى (Oil circuit breaker)	5	1 to 60	0 to 4
قاطع تيار مفرغ أو SF_6 (SF_6 or vacuum breaker)	3–5	1 to 60	0 to 4

يبين جدول (6-15) الأزمنة النموذجية للعزل , شاملة زمن تشغيل قاطع التيار تبعا لنوع الدائرة (توزيع – نقل فرعى – نقل) و جهد الشبكة.

جدول (6-15) أزمنة عزل العطل تبعا لنوع الدائرة و الجهد المقنن [23]

زمن العزل القياسى (دورة)	زمن العزل القياسى (ثانية)	الجهد المقنن KV	نوع الدائرة
6 – 120	0.1 – 2.0	4.16	توزيع (distribution)
30 – 120	0.5 – 2.0	12	توزيع (distribution)
30 – 120	0.5 – 2.0	16.5	توزيع (distribution)
6 –120	0.1 – 2.0	33	توزيع (distribution)
6 – 30	0.1 – 0.5	66	نقل فرعى (subtransmission)
6 – 30	0.1 – 0.5	115	نقل فرعى (subtransmission)
6	0.1	220	نقل (transmission)
6	0.1	500	نقل (transmission)

قيمة و فترة إنحدارات الجهد

تختلف قيمة و فترة الإنحدار تبعا لموقع العطل على مكونات الشبكة , شبكة النقل أو شبكة الجهد المتوسط البعيدة أو شبكة الجهد المتوسط القريبة, أو نتيجة إنصهار المصهرات أو حدوث إنقطاع للتغذية الكهربائية أو عند بداية تشغيل المحركات . يوضح شكل (11-15) موقع أعطال مكونات الشبكة المختلفة و المسببة للإنحدارات.

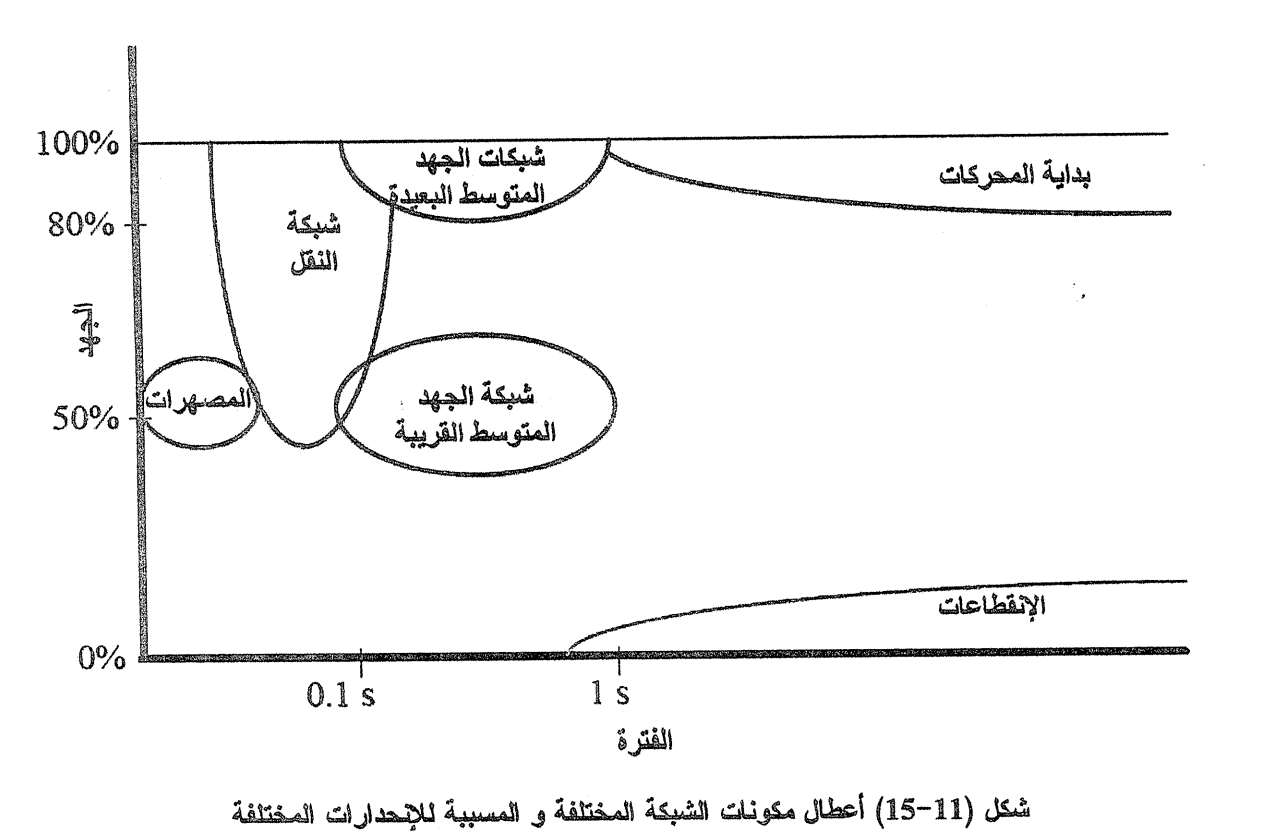
تقييم إحتمال حدوث إنحدار الجهد

حيث أن أحد الأسباب الرئيسية لحدوث الإنقطاعات اللحظية و إنحدارات الجهد هو حدوث حالات القصر (الأعطال) بالمنظومة الكهربائية , لذا فإن تحديد خصائص سلوك إنحدار

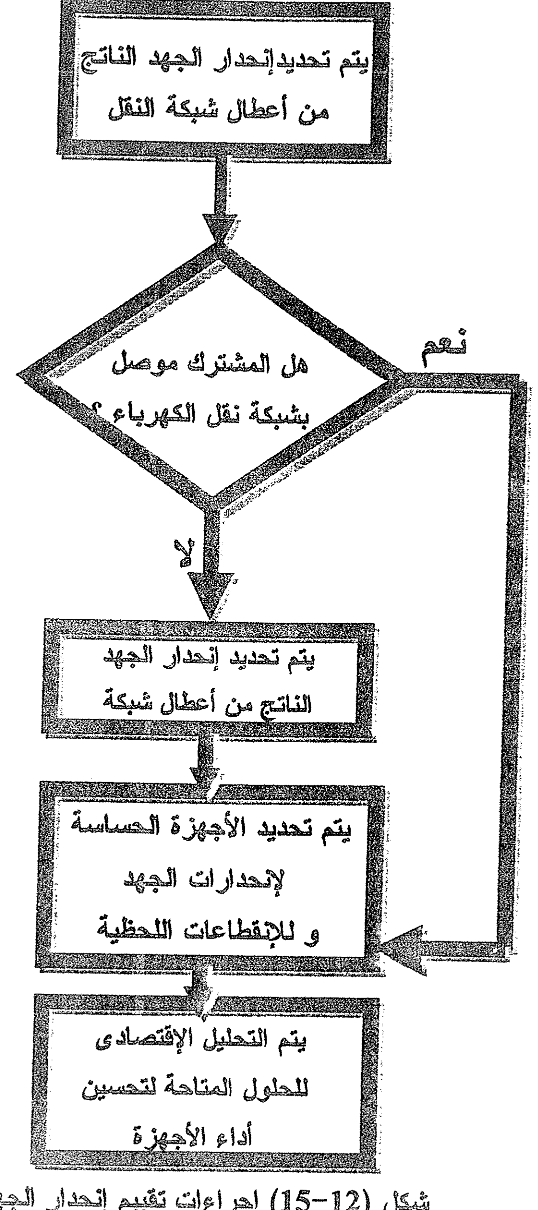
الجهد يستلزم حساب خصائص العطل على مصدر التغذية للمشترك المتأثر بالعطل.
يؤثر العطل على تشغيل المعدات الحساسة لمساحة شاسعة من الشبكة المتصلة بالعطل.
يمكن حدوث الأعطال إما على شبكة نقل الكهرباء أو شبكة التوزيع.

و يتم إجراء تقييم لإنحدار الجهد المتوقع على مراحل ، الموضحة فى شكل (15-12) و بعد إجراء التقييم يتم تحديد العلاجات اللازمة ، و يوضح شكل (15-13) بعض أنواع مشاكل و علاج إنحدارات الجهد.

ويبين شكل (15-14) العلاقة بين جهد و فترة الإنحدار ، موقعا عليه أعطال مكونات الشبكة المختلفة و المسببة للإنحدارات و كذلك منطقتى تحسين المعدات و النظام و ذلك لعلاج الإنحدارات.



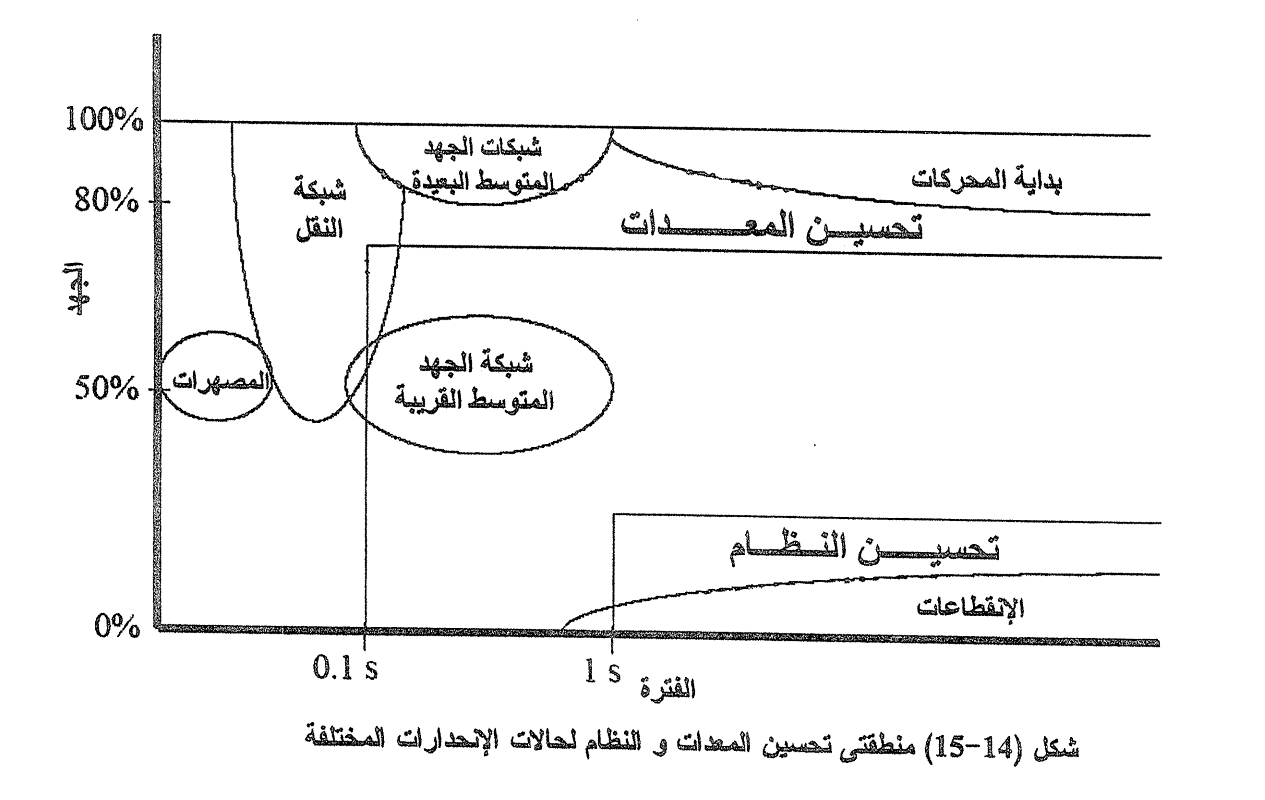
شكل (15-11) أعطال مكونات الشبكة المختلفة و المسببة للإنحدارات المختلفة



شكل (12-15) إجراءات تقييم إنحدار الجهد

العلاج :	المشاكل
تخفيض عدد و فترة الأعطال	عطل (دائرة القصر)
تغيير تركيبة الشبكة الكهربائية .... (هل الشبكة حلقية أو إشعاعية؟ هل توجد مغذيات على التوازى؟)	إنتشار العطل خلال الشبكة الكهربائية
تركيب أجهزة علاج الإنحدار	حدوث تداخل مع معدات الشبكة
تحسين مناعة المعدات الكهربائية	حدوث فصل (عزل) للمعدات الكهربائية

شكل (13-15) مشاكل و علاج إنحدار الجهد



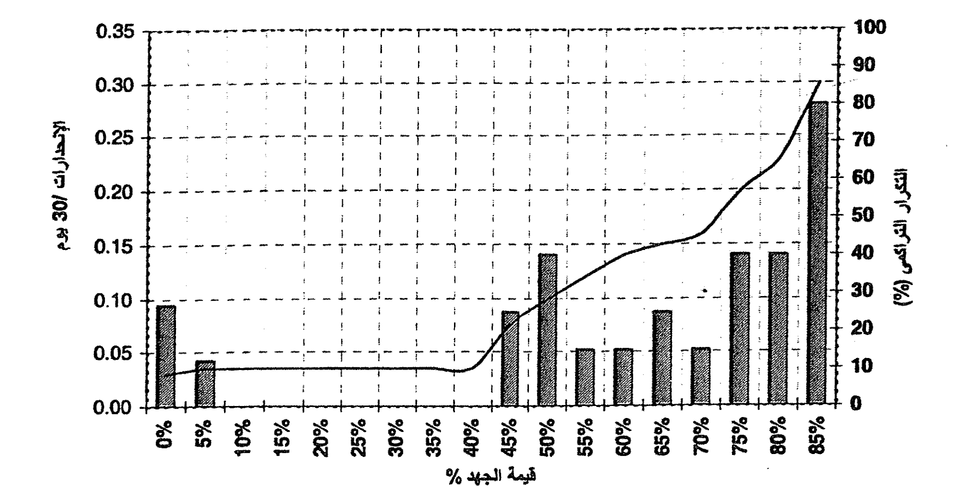
شكل (14-15) منطقتى تحسين المعدات و النظام لحالات الإنحدارات المختلفة

طرق عرض بيانات إنحدارات الجهد

نظرا لأهمية إنحدارات الجهد بالنسبة للأحمال الحساسة لدى المشتركين و بالنسبة لشركات الكهرباء ذلك لتقديم مصدر تغذية كهربائية بدون إضطراب , نشأت الطرق المتعددة لعرض بيانات نتائج تسجيلات إنحدارات الجهد ، فيما يلى سنعرض الطرق المتاحة لعرض إنحدارات الجهد (أحيانا يطلق على إنحدارات الجهد بمتغيرات جذر متوسط مربعات الجهد (RMS voltage variations .

أ-الرسم البيانى النسيجى لقيمة الجهد المتغيرة (RMS variation magnitude histogram)

يوضح شكل (15-15) تمثيل قيم الجهد بالرسم البيانى النسيجى , حيث يمثل كل عمود معدل التغير تبعا لنسبة قيمة الجهد.



شكل (15-15) رسم بيانى نسيجى

ب- ملخص لأحداث تغييرات الجهد (RMS Variation Event Summary)

يتم تسجيل قيم و فترات إنحدارات الجهد و ترتب زمنيا. يوضح جدول (7-15) مثال لنتائج إنحدارات الجهد مسجلة فى صورة جدول يحتوى على ملخص لأحداث تغييرات الجهد.

جدول (7-15) ملخص لأحداث متغيرات الجهد

التاريخ Date	الزمن Time	الجهد Voltage	فترة الإستمرار Duration
5/2/95	09:39:56	69.43%	15 cyc
5/2/95	09:39:58	87.77%	6 cyc
5/8/95	08:22:47	63.12%	15 cyc
5/8/95	08:22:48	85.84%	9 cyc
5/8/95	08:22:52	45.88%	6 cyc
5/8/95	08:23:12	85.34%	7 cyc
5/8/95	08:23:16	54.19%	31 cyc
5/8/95	08:23:38	55.17%	29 cyc
5/8/95	08:36:14	77.23%	2 cyc
5/8/95	08:45:24	83.79%	10 cyc
5/8/95	08:45:55	54.45%	14 cyc
5/8/95	08:46:01	46.97%	8 cyc
5/8/95	08:46:20	89.21%	9 cyc
5/8/95	08:46:26	54.53%	29 cyc
5/8/95	08:46:43	86.14%	7 cyc
5/14/95	08:03:02	83.13%	4 cyc
5/14/95	09:06:59	82.83%	3 cyc
5/17/95	14:39:06	89.12%	4 cyc
5/29/95	03:33:55	1.29%	12 cyc
5/29/95	03:34:19	6.84%	8 cyc
5/29/95	03:34:42	0.81%	4 cyc
5/30/95	07:53:15	72.05%	4 cyc
5/30/95	07:53:18	75.97%	6 cyc
5/30/95	08:00:10	68.44%	2 cyc
5/30/95	13:15:03	76.25%	2 cyc

ج- جدول DISDIP (DISDIP Table)

يحتوى هذا الجدول على إنحدارت الجهد فى صورة بيانات مستعرضة بين حدود قيمة الجهد و فترة بقاء الإنحدار . يحتوى جدول (15-8) مثال لهذا النوع من عرض إنحدارات الجهد و فترة بقائه.

جدول (15-8) نتائج بيانات الإنحدارات فى صورة جدول DISDIP

قيمة الجهد Voltage magnitude	0.5<5 cycle	5<30 cycle	0.5<1 second	1<3 second	3<20 second	20<60 second	>60 second
70 % to 90%	6.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40% to 70%	1.0	7.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1% to 40%	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<1%	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

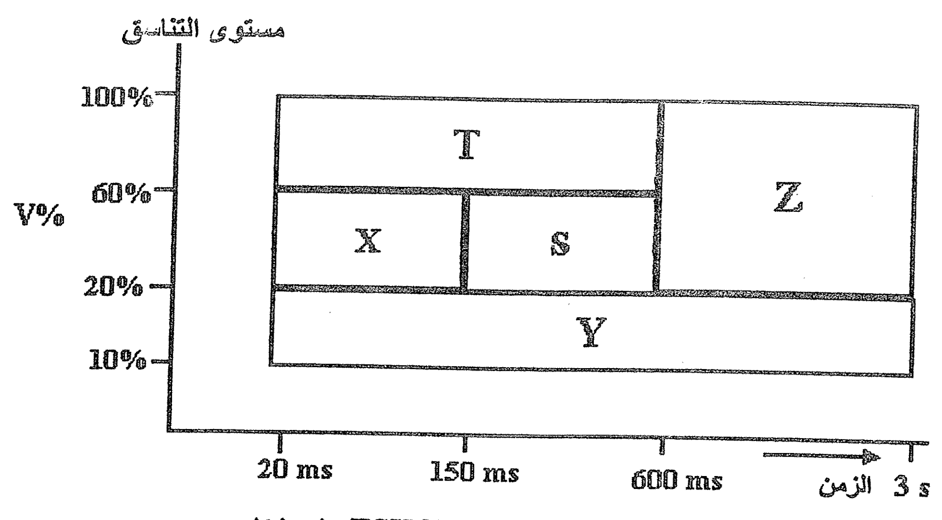
د- جدول إنحدار الجهد ESKOM (ESKOM Voltage Sag Table)

يستخدم هذا الجدول بمرفق ESKOM بجنوب أفريقيا و الذى يقسم إنحدارات الجهد إلى مجموعات هى T,X,S,Z,Y و كل مجموعة لها فترة إنحدار. يوضح شكل (15-16) حدود إنحدار الجهد و فترة البقاء بوحدة مللى ثانية و ذلك لكل مجموعة (يوصف هذا النموذج بانه الصناديق المستطيلة للقيمة و الزمن)

بينما يوضح جدول (15-9) نفس المجموعات فى صورة جدول و سجلت بالصف الأخير مثال لنتائج تسجيل إنحدارات الجهد خلال 30 يوم.

يوضح جدول (15- 10) عدد إنحدارات الجهد المطلوبة بجنوب أفريقيا طبقا لمستويات الجهد و مجموعات التصنيف

و يبين جدول (15-11) عدد إنحدارات الجهد بنظام ESKOM



شكل (15-16) جدول إنحدار الجهد ESKOM على شكل صناديق مستطيلة

جدول(15-9) إنحدار الجهد ESKOM

T	X	S	Z	Y	O
Mag:0 to 40% Dur:1 to 30 cycle	Mag :40 to 80% Dur:1 to 7.5 cycle	Mag:40 to 80% Dur:7.5 to 30 cycle	Mag:0 to 80% Dur:30to 150 cycle	Mag:80 to 90% Dur:1 to 150 cycle	الأحداث الأخرى Other events
3.0	6.0	6.0	1.0	9.0	0.0

حيث

Mag=هبوط الجهد عن 100%

Dur=فترة البقاء بوحدة "دورة"

الصف الأخير يمثل نتائج القياسات

جدول (10-15) عدد إنحدارات الجهد بشبكات جنوب أفريقيا

مستوى جهد الشبكة	S	T	X	(Y)	Z
6.6 KV to 44KV	30	30	100	150	20
>44KV to 132 KV (ريفى)	69	54	215	314	49
>44KV to 132 KV	25	25	80	120	16
>132KV to 765 KV	11	6	45	88	5

المرجع[25]

جدول (11-15) عدد إنحدارات الجهد بنظام ESKOM

مستوى جهد الشبكة	S	T	X	(Y)	Z
6.6 KV to 44KV	10	8	50	75	10
>44KV to 132 KV (ريفى)	25	15	100	150	20
>44KV to 132 KV	10	10	50	80	5
>132KV to 765 KV	3	3	33	40	2

المرجع[25]

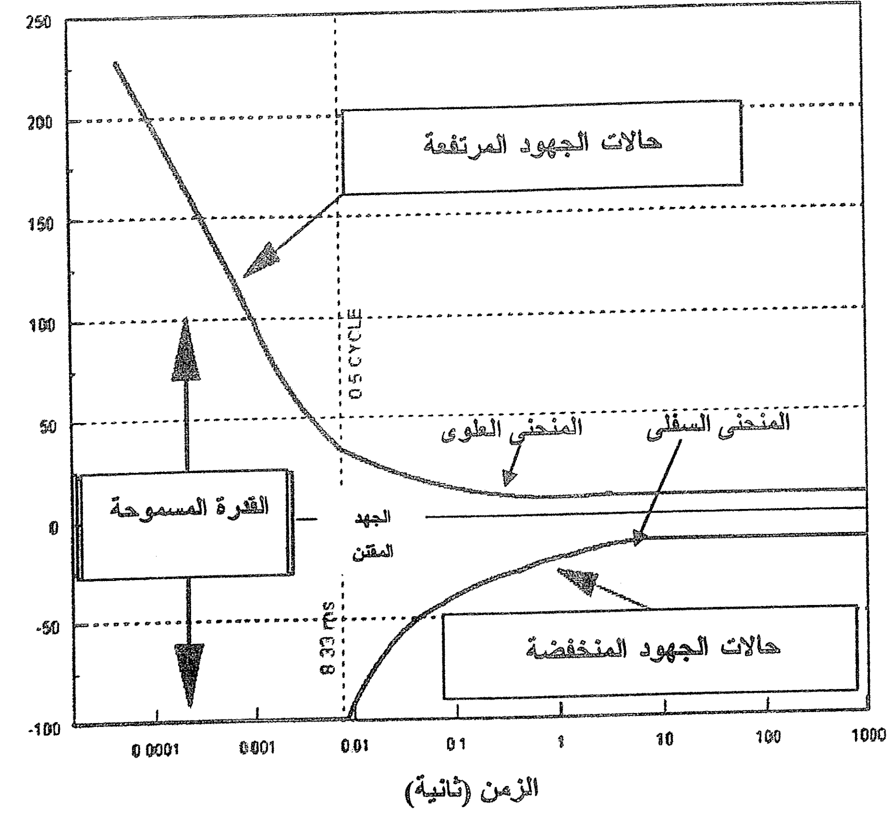
هـ - منحنى CBEMA (CBEMA Curve)

فى عام 1978 عرض منحنى CBEMA التخطيط البيانى المتشتت لقيمة الجهد و فترة الحدث لكل متغير. هذا المنحنى يعرف سماحية الغلاف المحدد بمعرفة جمعية مصنعى معدات الحاسب CBEMA (Computer Business Equipment Manufacturers Association) و المعرف فى الكتاب البرتقالى IEEE . منحنى CBEMA عبارة عن منحنى علوى و منحنى سفلى, فإذا وقع الحدث , كقيمة و فترة , أعلى من المنحنى العلوى أو أسفل المنحنى السفلى فإن هذا الحدث يؤدى إلى تشغيل خاطئ لمعدة الحاسب المتصل بمصدر التغذية المسجل به الحدث.

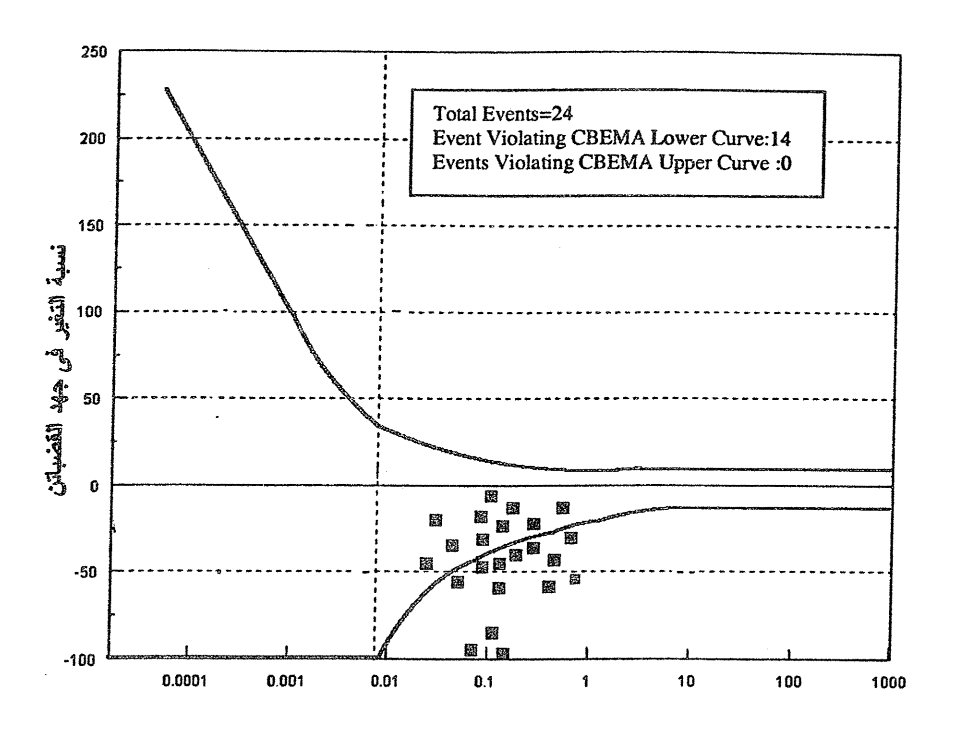
يوضح شكل (15-17) منحنى CBEMA

و يوضح شكل (15-18) مثال لحدوث عدد 24 إنحدار جهد و تم توقيع القيمة و الفترة لكل حدث بمنحنى CBEMA و يبين أن النتائج كالآتى:

- عدد الأحداث أسفل المنحنى السفلى =14
- عدد الأحداث أعلى المنحنى العلوى =0



شكل (17-15) منحنى CBEMA



شكل (15-18) مثال لحدوث 24 إنحدار جهد تم توقيعها على منحنى CBEMA

و- منحنى ITIC (ITIC Curve)

يشبه منحنى ITIC المنحنى CBEMA من حيث أنه يحتوى على منحنى علوى و منحنى سفلى . و هو يعرض التخطيط البيانى لقيمة الجهد و فترة الحدث لكل متغير , و هو تعديل للمنحنى CBEMA . يوضح شكل (19-15) منحنى ITIC

فى عام 1996عرض هذا المنحنى تعريف سماحية الغلاف المحدد بمعرفة مجلس صناعة تكنولوجيا المعلومات ITIC (Information Technology Industry Council) .

يفترض أن الأحداث الواقعة فوق المنحنى العلوى أو أسفل المنحنى السفلى تسبب التشغيل الخاطئ لمعدات تكنولوجيا المعلومات (مثل الحاسبات , مكونات دوائر الحاسبات, و شبكات الإتصالات). و يصف المنحنى كل من حالة الإستقرار و الحالة العابرة.

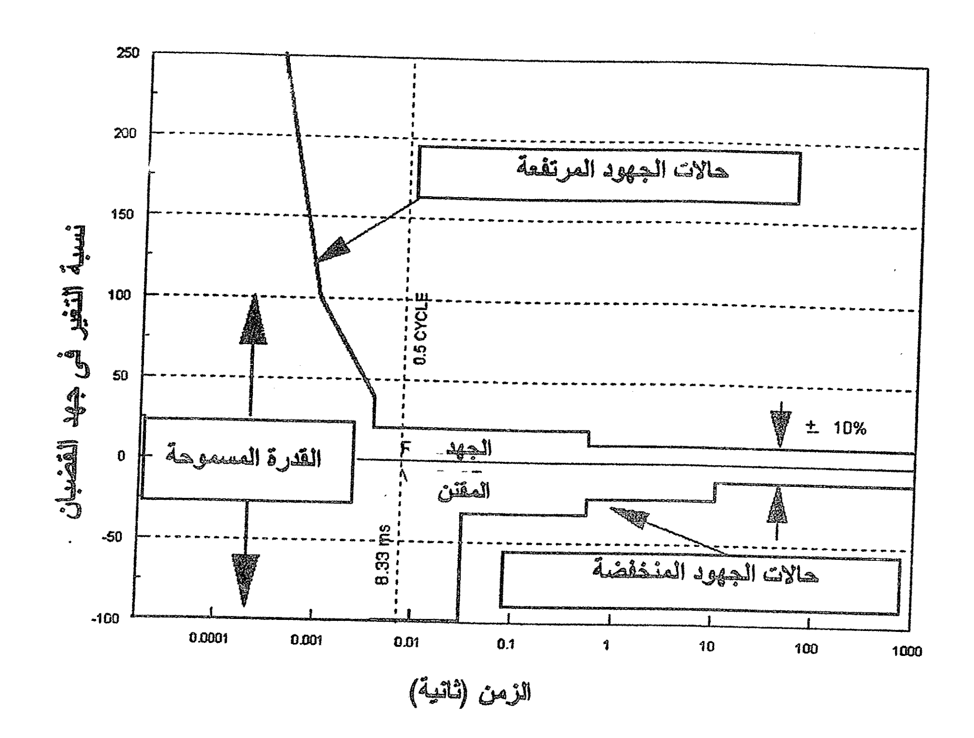
عموما يعرف منحنى ITIC أربعة تصنيفات للأحداث وهى :

- سماحية حالة الإستقرار (steady- state tolerance)

تصف حدود حالة الإستقرار قيمة الجهد و الذى يمكن أن يتغير ببطئ أو أن يكون ثابت. تكون هذه الحدود ±10% من القيمة الأساسية . أى قيمة جهد تقع فى هذه الحدود تمثل دورة زمنية غير محددة و يتأثر هذا الجهد بالتحميل الأساسى و المفقودات بشبكة التوزيع.

- إنتفاخ جهد الخط (Line voltage swell)

المنطقة التى تصف إنتفاخ الجهد يكون لها قيمة أعلى من 120% من القيمة الأساسية و لفترة زمنية حتى 0.5 ثانية. تنتج هذه الأحداث نتيجة فصل أو عزل أحمال مرتفعة من الشبكة أو عندما يكون مصدر الجهد من مصدر آخر غير مرفق الكهرباء



شكل (19-15) منحنى CBEMA

- إنحدارات الجهد (Voltage sags)

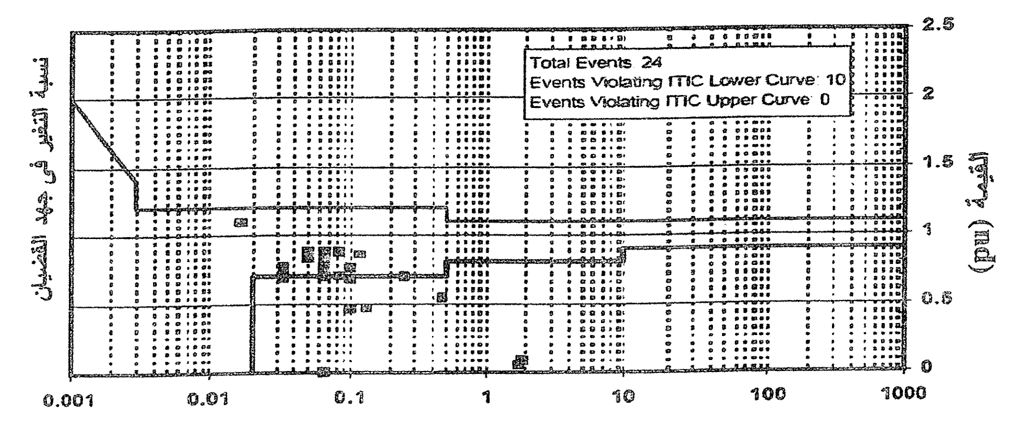
يحتوى المنحنى على العديد من مستويات إنحدارات الجهد . يفرض أن الإنحدارات حتى 80% من القيمة الأساسية تستمر حتى 10 ثوانى , بينما الإنحدارات حتى 70% من القيمة الأساسية تستمر حتى 0.5 ثانية.

- الإسقاط (Dropout)

يشمل إسقاط الجهد حالتى إنحدارات الجهد و الإنقطاع الكامل لجهد المصدر, يلى ذلك لحظيا إعادة الجهد الأسمى. يمكن أن يستمر الإنقطاع لفترة حتى 20 مللى ثانية. تحدث هذه الحالة نتيجة حدوث الأعطال و العزل اللاحق للأعطال فى شبكة التوزيع.

يوضح شكل (15-20) مثال لحدوث عدد 24 إنحدار جهد و تم توقيع القيمة و الفترة لكل حدث بمنحنى ITIC و يبين أن النتائج كالآتى:

- عدد الأحداث أسفل المنحنى السفلى =10
- عدد الأحداث أعلى المنحنى العلوى=0



شكل (15-20) مثال لحدوث 24 إنحدار جهد تم توقيعها على منحنى ITIC

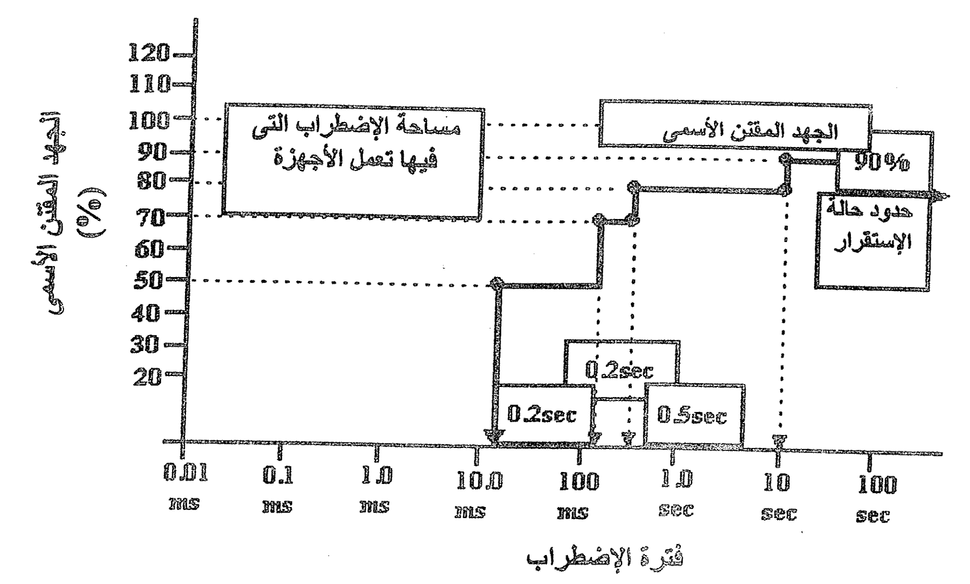
س- منحنى SEMI (SEMI Curve)

فى عام 1998 ظهر منحنى SEMI للتنبأ بمشاكل إنحدارات الجهد لمعدات تصنيع أشباه الموصلات و ذلك بمعرفة المجموعة الدولية للمواد و أجهزة أشـباه الموصـلات SEMI (Semi conductor Equipment and Materials International Group)

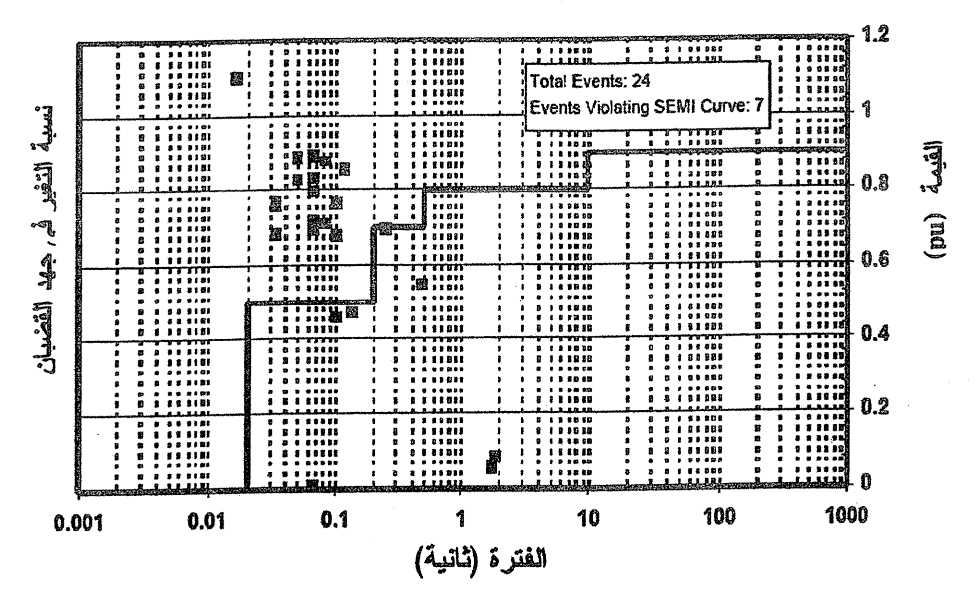
يوضح شكل (15-21) المنحنى القياسى SEMI

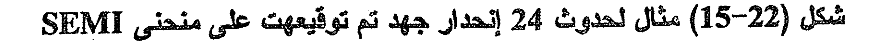
يوضح شكل (15-22) مثال لحدوث 24 إنحدار جهد تم توقيعه على منحنى SEMI و يبين أن النتائج كالآتى:

- عدد الأحداث أسفل منحنى SEMI =7



شكل (15-21) منحنى SEMI





شكل (22-15) مثال لحدوث 24 إنحدار جهد تم توقيعهت على منحنى SEMI

مؤشرات إنحدارات الجهد

ستنعرض فى هذا البند لمؤشرى إنحدار الجهد الآتية:

- مؤشر إنحدار الجهد بإستخدام الطاقة المفقودة
- مؤشر $SARFI_x$

أولا :مؤشر إنحدار الجهد بإستخدام الطاقة المفقودة (Voltage Sag Index Using Lost Energy)

يكون لحادثى إرتفاع الجهد (Overvoltage) و إنخفاض الجهد (undervoltage) عند طرفى الحمل , تأثير , وذلك لأن إرتفاع الجهد يسبب طاقة زائدة و إنخفاض الجهد يسبب عدم توريد جزء من الطاقة للحمل . و يعتمد التأثير على كمية الطاقة الزائدة الموردة أو كمية الطاقة غير الموردة.

من المعروف أن أغلب المعدات المستخدمة لأحمال المنشآت الصناعية و التجارية و السكنية تكون لها حساسية لإنحدارات الجهد . و حيث أن إنحدار الجهد يصاحبه إنخفاض جهد أقل من القيمة الأسمية و لدورة زمنية محددة , فإن ذلك يسبب إنخفاض فى القدرة و الطاقة الموردة للحمل عن طريق الشبكة.

ببعض مرافق الكهرباء تنص عقود توريد الطاقة الكهربائية على مؤشر " مقدار الإنحدار sag score " و الذى يعرف بانه : متوسط كل وحدة جهد مفقود. و إن الإنحدار الذى يؤخذ فى الإعتبار هو أسوأ إنحدار يحدث خلال 15 دقيقة لكل موضع قياس.

و يحسب مؤشر مقدار الإنحدار من المعادلة الآتية:

$$\text{Sag score} = 1 - \frac{1}{3}(V_A + V_B + V_C) \qquad (2)$$

وتحسب الطاقة المفقودة نتيجة حدوث الإنحدار من المعادلة الآتية:

$$W = (1 - V_{pu})^{3.14} * t \qquad (3)$$

و فى حالة النظام ثلاثى الطور فإن الطاقة المفقودة تساوى

$$W_{3ph} = (1 - V1_{pu})^{3.14} * t_1 + (1 - V2_{pu})^{3.14} * t_2 + (1 - V3_{pu})^{3.14} * t_3 \quad (4)$$

و يكون مؤشر متوسط طاقة إنحدار الجهد تبعا للمعادلة

$$ASEI = \left(\frac{1}{n}\right) W_{3ph} \quad (5)$$

حيث:

W =lost energy in a sag event

الطاقة المفقودة نتيجة حدث الإنحدار =

Vpu=per unit voltage during the sag event

الجهد بالوحدة الكسرية خلال حدث الإنحدار =

t = sag duration

فترة الإنحدار =

n =No of sag

عدد الإنحدارات =

V1,V2,V3 = Voltage Sags for 3-phase

إنحدارات الجهد للثلاثة أطوار =

ASEI =average sag energy index

مؤشر متوسط طاقة إنحدار الجهد =

غالبا ما تكون $t_1=t_2=t_3$

مثال (4)

إحسب قيم الطاقة المفقودة لعدد 3 إنحدارات جهد للقيم بالجدول (12-15)

ثم إحسب مؤشر متوسط طاقة إنحدار الجهد

الحل

يوضح جدول (15-12) حساب الطاقة المفقودة لعدد 3 إنحدارات جهد

جدول (15-12) حل مثال (4)

الجهد بالوحدة الكسرية V_{pu}	فترة الإنحدار (t) مللى ثانية	$1 - V_{pu}$	$W=(1-V_{pu})^{3.14}*t$
0.8	66.7	0.2	0.43
0.6	50.0	0.4	2.81
0.5	41.7	0.5	4.73

ثم يحسب مؤشر متوسط طاقة إنحدار الجهد ASEI كالآتى :

$$ASEI = \frac{1}{3}(0.43 + 2.81 + 4.73) = 2.32$$

مثال (5)

يوضح جدول (15-13) بيانات عدد 34 إنحدار جهد

إحسب طاقة الإنحدار الكلية و كذلك مؤشر متوسط طاقة الإنحدار

الحل

تم حساب طاقة الإنحدار لكل حدث إنحدار بإستخدام المعادلة (4) و نحصل علـــى إجمـــالى طاقة الإنحدار من مجموع طاقة الإنحدار لكل حدث إنحدار

إجمالى طاقة الإنحدار= 576.9 pu.ms

و بإستخدام المعادلة (5) نحسب مؤشر متوسط طاقة الإنحدار كالآتى:

عدد الإنحدارات= n=34

مؤشر متوسط طاقة إنحدار الجهد= ASEI=576.9/34 = 16.97

جدول(13-15) بيانات مثال (5) و حساب الطاقة

(t) Duration (s)	V1 (per unit)	V2 (per unit)	V3 (per unit)	(W) Energy Lost (per unit*ms)
0.099	0.89	0.72	0.90	1.99
0.952	0.85	0.85	0.86	6.91
0.067	0.87	0.67	0.84	2.38
0.167	0.85	0.89	0.73	3.33
0.082	0.94	0.75	0.71	2.75
0.1	0.92	0.70	0.68	5.11
0.067	0.96	0.85	0.86	0.32
0.3	0.73	0.72	0.76	13.82
0.082	0.96	0.72	0.71	3.19
1.417	0.63	0.62	0.65	129.01
0.116	0.82	0.87	0.66	4.64
0.485	0.96	0.81	0.78	6.83
0.45	0.96	0.82	0.75	7.87
2.67	0.81	0.74	0.96	20.03
0.249	0.87	0.92	0.80	2.09
0.067	0.97	0.86	0.84	0.35
0.301	0.84	0.64	0.57	34.39
0.084	0.86	0.67	0.85	2.98
0.2	0.73	0.29	0.70	76.07
0.286	0.83	0.82	0.93	2.48
1.064	0.67	0.71	0.66	85.07
0.133	0.87	0.79	0.82	1.82
3.983	0.75	0.76	0.75	37.06
0.3	0.82	0.74	0.77	8.71
0.165	0.88	0.59	0.58	21.08
0.1	0.78	0.64	0.98	4.91
0.066	0.81	0.82	0.82	0.96
0.067	0.96	0.82	0.71	1.69
2.008	0.72	0.70	0.70	63.99
0.033	0.98	1.0	0.82	4.59
0.083	0.93	0.96	0.38	18.52
0.484	0.97	0.84	0.98	1.54
0.05	0.89	0.81	0.93	0.33
0.015	0.98	1.0	0.81	0.08

مثال(6)

يوضح جدول (14-15) بيانات عدد 10 إنحدارات جهد

إحسب طاقة الإنحدار الكلية و كذلك مؤشر متوسط طاقة الإنحدار

الحل

من المعادلة (4) فإن

إجمالى طاقة الإنحدار =54.8 pu.ms

عدد الإنحدارات =10

ASEI= 54.8/10 =5.48

جدول (14-15) بيانات مثال (6) و حساب الطاقة

(t) Duration (s)	V1 (per unit)	V2 (per unit)	V3 (per unit)	(W) Energy Lost (per unit*ms)
0.117	0.88	0.88	0.74	2.00
0.115	0.84	0.85	0.86	0.90
0.434	0.76	0.75	0.75	16.08
0.083	0.97	0.85	0.80	0.75
0.100	0.77	0.84	0.79	2.05
0.083	0.95	0.77	0.70	2.72
0.033	0.85	0.98	0.84	0.19
0.099	0.97	0.70	0.60	7.83
0.10	0.68	0.49	0.57	21.93
0.067	0.97	0.86	0.84	0.35

ثانيا : مؤشر $SARFI_x$ ($SARFI_x$ Index)

يعتبر مؤشر متوسط تكرار تغيير الجهد للنظام $SARFI_x$ [System Average RMS (variation) Frequency Index $_{voltage}$] أحد المؤشرات المستخدمة بمرافق الكهرباء لتحديد جودة الخدمة الكهربائية للمشتركين. و يمثل مؤشر $SARFI_x$ العدد المتوسط لتغير rms المحدد للأحداث المقاسة خلال دورة زمنية محددة لكل مشترك , وذلك لقيمة محددة أقل من x فى حالة الإنحدار بينما تكون أكبر من x فى حالة الأنتفاخ (swell). و يعرف مؤشر $SARFI_x$ طبقا للمعادلة التالية:

$$SARFI_X = \frac{\sum N_i}{N_T} \qquad (6)$$

حيث :

x=rms voltage threshold possible values are
140, 120, 110,90,80,70,50 and 10

= القيمة المحددة للجهد , و تكون القيم المحتملة هى
140,120,110,90,80,70,50,and 10

N_i=number of customers experiencing short –duration voltage deviations with magnitudes above x% for x> 100 or below x% for x< 100 due to measurement event i

=عدد المشتركين المتعرضين لإنحرافات الجهد لفترة قصيرة بقيمة أعلى من x% لقيم x>100 أو بقيمة أقل من x% لقيم x<100 و ذلك لقياس الحدث i

N_T=total number of customers served from section of system to be assessed

= إجمالى عدد المشتركين المتصلين بقطاع على النظام المقدر

لتوضيح مؤشر $SARFI_x$, يفرض أن مشتركي أحد مرافق الكهرباء يتأثروا فقط بإنحدارات الجهد الأقل من 70% من الجهد المقنن , فإن هذا يعنى أن المؤشر المستخدم لهؤلاء المشتركين هو $SARFI_{70}$. يوجد ثمانية قيم محددة معرفة للمؤشر غير إعتبارية و هذه القيم هى:

140,120,110 كمستويات لزيادة الجهد لمنحنى ITIC

90,80,70 كمستويات لإنخفاض الجهد لمنحنى ITIC

50 نقطة المستوى النموذجى لتقييم نقط تلامس المحركات

10 طبقا للمواصفات القياسية IEEE 1159 فإنها مستوى إنقطاع التغذية

يمكن تمثيل مؤشر SARFI طبقا لمنحنيات الإنحدارات و عندئذ يسمى المؤشر :بمؤشر المنحنى (curve index) و من هذه المؤشرات الأكثر شيوعا :

$SARFI_{CBEMA}$ & $SARFI_{ITIC}$ & $SARFI_{SEMI}$

أيضا,يوجد ثلاثة مؤشرات فرعية من مؤشر $SARFI_x$ و هى

- مؤشر متوسط تكرار تغيير الجهد الفورى للنظام $SIARFI_x$
(System Instantaneous Average RMS (variation) Frequency Index)
- مؤشر متوسط تكرار تغيير الجهد اللحظى للنظام $SMARFI_x$
(System Momentary Average RMS (variation) Frequency Index)
- مؤشر متوسط تكرار تغيير الجهد المؤقت للنظام $STARFI_x$
(System Temporary Average RMS (variation) Frequency Index)

و فيما يلى تعريف كل مؤشر:

- مؤشر متوسط تكرار تغيير الجهد الفورى للنظام SIARFIx

System Instantaneous Average RMS (variation)Frequency Index $_{voltage}$

يمثل هذا المؤشر العدد المتوسط لقيم الجهد الفورى المقاس للنظام خلال دورة قياس (لكل مشترك).و تكون فترة الإنحدار (أو الإنتفاخ) فى الحدود من 0.5 إلى 30 دورة.

ويعرف هذا المؤشر طبقا للمعادلة التالية:

$$SIARFI_x = \frac{\sum NI_i}{N_T} \quad (7)$$

حيث

x =rms voltage threshold, possible values:
140,120,110,90,80,70 and 50

= القيمة المحددة للجهد , و تكون القيم المحتملة هى:
140,120,110,90,80,70,50

NI_i = number of customers experiencing instantaneous voltage deviations with magnitudes above x% for x>100 or below x% for x<100 due to measurement event i

= عدد المشتركين المتعرضين لإنحرافات الجهد الفورى بقيمة أعلى من x% لقيم x>100 أو بقيمة أقل من x% لقيم x<100 و ذلك لقياس الحدث i

- مؤشر متوسط تكرار تغيير الجهد اللحظى للنظام SMARFIx

System Momentary Average RMS (variation) Frequency Index voltage

يمثل هذا المؤشر العدد المتوسط لقيم الجهد اللحظى المقاس للنظام خلال دورة قياس (لكل مشترك). و تكون فترة الإنحدار (أو الإنتفاخ) فى الحدود من 30 دورة إلى 3 ثوانى و يعرف هذا المؤشر طبقا للمعادلة التالية

$$SMARFI_x = \frac{\sum NM_i}{N_T} \quad (8)$$

حيث

x = rms voltage threshold, possible values:
140, 120, 110, 90,80,70,50 and10

= القيمة المحددة للجهد , و تكون القيم المحتملة هى :
140,120,110,90,80,70,50,10

NM_i= number of customers experiencing momantary voltage deviations with magnitudes above x% for x>100 or below x% for x<100 due to measurement event i

= عدد المشتركين المتعرضين لإنحرافات الجهد اللحظى بقيمة أعلى من x% لقيم x>100 أو بقيمة أقل من x% لقيم x<100 و ذلك لقياس الحدث i

- مؤشر متوسط تكرار تغيير الجهد المؤقت للنظام $STARFI_x$

System Temporary Average RMS (variation) Frequency Index$_{voltage}$

يمثل هذا المؤشر العدد المتوسط لقيم الجهد المؤقت المقاس للنظام خلال دورة قياس (لكل مشترك) .و تكون فترة الإنحدار (أو الإنتفاخ) فى الحدود من 3 إلى 60 ثانية.

و يعرف هذا المؤشر طبقا للمعادلة التالية:

$$STARFI_x = \frac{\sum NT_i}{N_T} \qquad (9)$$

x =rms voltage threshold, possible values: 140, 120, 110, 90,80,70,50 and10

= القيمة المحددة للجهد , و تكون القيم المحتملة هى : 140,120,110,90,80,70,50,10

NT_i = number of customers experiencing temporary voltage deviations with magnitudes above x% for x>100 or below x% for x<100 due to measurement event i

= عدد المشتركين المتعرضين لإنحرافات الجهد المؤقت بقيمة أعلى من x% لقيم x>100 أو بقيمة أقل من x% لقيم x<100 و ذلك لقياس الحدث i

مثال (7)

يوضح جدول (15-15) نتائج قياسات تغيير الجهد خلال فترة تبدأ من 7/1997 و لمدة 61 يوم

إحسب مؤشر $SARFI_x$ للقيم x=90,70,50,10

جدول (15-15)

فترة الحدث Event Duration	أقل جهد Minimum voltage (%)	زمن الحدث Time stamp	
		الوقت	التاريخ
9 cyc	73	9:48	1/7/97
9 cyc	73	9:50	2/7/97
82 cyc	0.0	14:20	7/7/97
100 cyc	13	14:26	10/7/97
2.600 s	0.0	15:55	21/7/97
34 cyc	49	7:35	2/8/97
41 s	0.0	8:30	2/9/97
40 cyc	59	10:30	8/9/97

الحل

لحساب $SARFI_{90}$ نجد فى جدول (15-15) أن، لعدد 8 أحداث تكون قيمة x أقل من 90% بينما عدد 6 أحداث تكون قيمتها أقل من 70% ,....... وهكذا .... وتم تلخيص النتائج فى جدول (15-16)

جدول (15-16) نتائج مثال (7)

المعدل لكل 30 يوم	عدد الأحداث	المؤشر
3.93	8	$SARFI_{90}$
2.95	6	$SARFI_{70}$
2.64	5	$SARFI_{50}$
1.48	3	$SARFI_{10}$

ولقد تم حساب معدل الحدث لكل 30 يوم كالآتى

$$\text{معدل الحدث} = \frac{\text{عدد الأحداث}}{\text{الفترة الكلية للقياس}} * 30 \text{ يوم}$$

فمثلا بالنسبة لمؤشر $SARFI_{90}$ فإن معدل الحدث لكل 30 يوم يكون

$$\text{rate per 30 days} = \frac{8}{61} * 30 = 3.93$$

مثال (8)

يوضح جدول(17-15) بيان بتغيرات الجهد المقاسة لموقع محدد.
سجل أحداث الجهد , بعد إجراء عملية تجميع للأحداث (aggregation) خلال 60 ثانية.
على صورة $SARFI_{SEMI}$ & $SARFI_{ITIC}$ & $SARFI_{CBEMA}$

الحل

يتم أولا إجراء عملية تجميع لجدول (17-15) للأحداث التى تحدث فى خلال فترة 60 ثانية. فمثلا الحدثين الأوليين و هما

1. 02/05/2000 09:39:55
2. 02/05/2000 09:39:58 ⟶

يلاحظ أن الحدث الأول كان فى الثانية 55 بينما الحدث الثانى فى الثانية 58 و هما فى نفس الدقيقة و الساعة و اليوم بما يعنى أن الحدث الأول يقع فى الحدث الثانى و عليه يؤخذ الحدث الثانى فقط ببياناته.

جدول (17-15) بيان تغييرات الجهد لمثال (8)

زمن الحدث Time Stamp		القيمة Magnitude (pu)	الفترة Duration (s)
02/05/2000	09:39:55	0.694	0.25
02/05/2000	09:39:58	0.878	0.1
08/05/200	08:22:45	0.631	0.25
08/05/200	08:22:48	0.858	0.15
08/05/200	08:22:50	0.459	0.1
08/05/200	08:23:11	0.853	0.117
08/05/200	08:23:14	0.542	0.517
08/05/200	08:23:37	0.552	0.483
08/05/200	08:36:12	0.772	0.033
08/05/200	08:45:24	0.838	0.167
08/05/200	08:45:54	0.545	0.233
08/05/200	08:46:00	0.47	0.133
08/05/200	08:46:19	0.892	0.15
08/05/200	08:46:24	0.545	0.483
08/05/200	08:46:42	0.861	0.117
14/05/2000	08:03:00	0.831	0.067
14/05/2000	09:06:59	0.828	0.05
17/05/2000	14:39:05	0.891	0.067
29/05/2000	03:33:54	0.013	0.2
29/05/2000	03:34:17	0.068	0.133
29/05/2000	03:34:42	0.008	0.067
30/05/2000	07:53:14	0.721	0.067
30/05/2000	07:53:18	0.76	0.1
30/05/2000	08:00:09	0.684	0.033
30/05/2000	13:15:03	0.763	0.033

كذلك للأحداث الثلاثة التالية:

3. 08/05/2000 08:22:45
4. 08/05/2000 08:22:48
5. 08/05/2000 08:22:50 ⟶

نجد أن الحدثيـــن 3 &4 يقعا فى الحدث 5 و جميعهم فى نفس الدقيـــقة و الساعة و اليوم و عليه يؤخذ الحدث 5 فقط ببياناته.......

و هكذا .. حتى يتم تحويل جدول(15-17) و الذى يحتوى على عدد 25 حدث إلى جدول (15-18) و الذى يحتوى على عدد 15 حدث.

ثم يتم توقيع أحداث جدول (15-18) على منحنيات SEMI & ITIC &CBEMA

يوضح شكل (15-23) منحنى $SARFI_{CBEMA}$ و الذى نتائجه تتلخص فى:

- عدد الأحداث أسفل المنحنى السفلى CBEMA =7
- عدد الأحداث أعلى المنحنى العلوى CBEMA =0.0

و يوضح شكل (15-24) منحنى $SARFI_{ITIC}$ و الذى نتائجه تتلخص فى:

- عدد الأحداث أسفل المنحنى السفلى ITIC =6
- عدد الأحداث أعلى المنحنى العلوى ITIC =0.0

بينما يبين شكل (15-25) منحنى $SARFI_{SEMI}$ و الذى نتائجه تتلخص فى:

- عدد الأحداث أسفل المنحنى SEMI =5

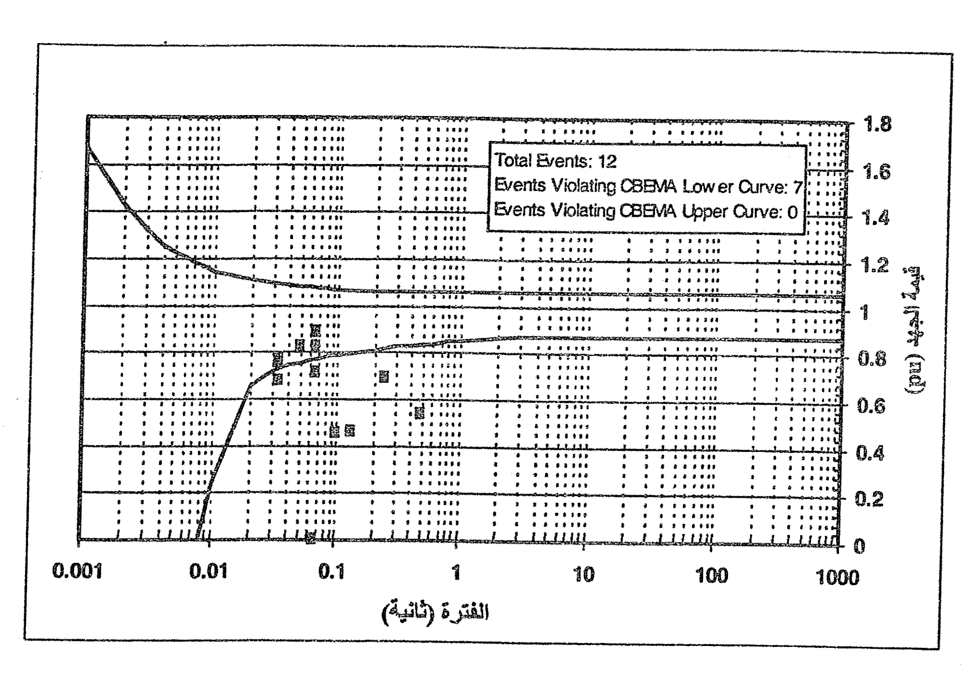
يوضح جدول (15-19) نتائج مثال (8) مع الأخذ فى الإعتبار أن الفترة الكلية للتســجيلات تساوى 29 يوم و أن معدل الحدث خلال 30 يوم

جدول (15-18) تحويل أحداث جدول (15-17) بتجميع الأحداث الأقل من 60 ثانية

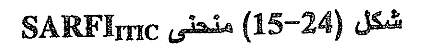
زمن الحدث Time Stamp		القيمة Magnitude (pu)	الفترة Duration (s)
02/05/2000	009:39:55	0.694	0.25
08/05/2000	08:22:45	0.459	0.1
08/05/2000	08:36:12	0.772	0.033
08/05/2000	08:45:24	0.47	0.133
08/05/2000	08:46:24	0.545	0.483
14/05/2000	08:03:00	0.831	0.067
14/05/2000	09:06:59	0.828	0.05
17/05/2000	14:39:05	0.891	0.067
29/05/2000	03:33:54	0.008	0.067
30/05/2000	07:53:14	0.721	0.067
30/05/2000	08:00:09	0.684	0.033
30/05/2000	13:15:03	0.763	0.033

جدول (15-19) نتائج مثال (8)

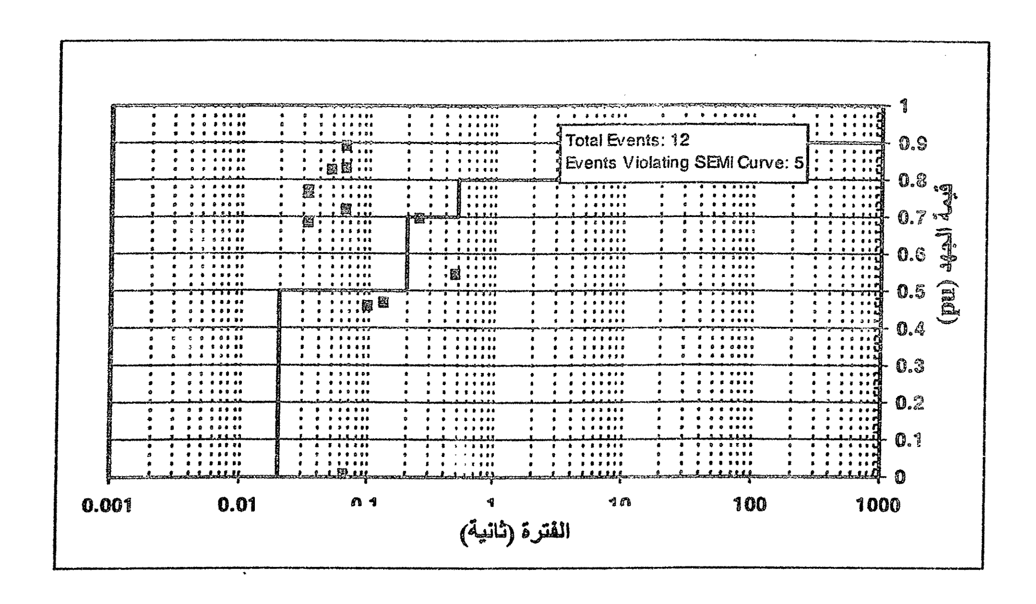
المؤشر	عدد الأحداث	المعدل لكل 30 يوم
$SARFI_{CBEMA}$	7	7.24
$SARFI_{ITIC}$	6	6.21
$SARFI_{SEMI}$	5	5.17



شكل (15-23) منحنى $SARFI_{CBEMA}$



شكل (15-24) منحنى $SARFI_{ITIC}$




شكل (15-25) منحنى $SARFI_{SEMI}$

مثال (9)

يوضح جدول (20-15) إحصائيات لمؤشر SARFI المنشور فى المرجع [22] , المعدلات SARFI المعروضة بالجدول تم حسابها لأحداث مسجلة بالمحطات الفرعية خلال الفترة من 1/6/93 و حتى 1/6/95 و حسبت معدلات الأحداث لكل 365 يوم و نتيجة الأحداث الأقل من 60 ثانية.

مع مراعاة التعريفات الآتية:

- مؤشر $SARFI_{CBEMA}$

  هو معدل إنحدارات الجهد أسفل المنحنى السفلى CBEMA
- مؤشر $SARFI_{ITIC}$

  هو معدل إنحدارات الجهد أسفل المنحنى السفلى ITIC
- مؤشر $SARFI_{SEMI}$

  هو معدل إنحدارات الجهد أسفل المنحنى SEMI
- CP95

  قيمة الإحتمال التراكمى للنسبة 95

  (95 th percentile cumulative probability value)

جدول (15-20)

	$SARFI_{90}$	$SARFI_{80}$	$SARFI_{70}$	$SARFI_{50}$	$SARFI_{10}$	$SARFI_{CBEMA}$	$SARFI_{ITIC}$	$SARFI_{SEMI}$
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CP05	11.887	5.594	0.0	0.0	0.0	5.316	2.791	2.362
CP50	43.987	22.813	12.126	5.165	1.525	25.465	18.765	13.619
Mean	56.308	28.729	18.422	8.926	3.694	33.293	25.39	18.535
CP95	135.185	66.26	51.0	27.037	13.519	71.413	51.5	38.238
Maximum	207.644	103.405	70.535	56.311	35.689	149.488	140.468	140.768

References

[1] Develop Models and Tools for Reliability Analysis of Power Systems-Reliable with Increasing Automation
Ying He, PH.D. Student Electric Power Systems
KTH, Stockholm

[2] Reliability Indices
Tom Short EPRI PEAC
T&D World Expo 2002, Indianapolis

[3] IEEE std.493-1980
Reliable Industrial and Commercial Power systems

[4] http://class.ee.iastate.edu/

[5] IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems
IEEE std 493-1997

[6] http://www.tdworld.com/

[7] IEEE Trial-Use Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices
IEEE std 1366-1998

[8] Working Group 37-28
Quality of supply-customers requirements
Final Report-Cigre 37.00(WG28)02(E)

[9] http://www.Lipower.org/

[10] Quality of Electricity Supply:
Initial benchmarking on actual levels, standards and regulatory strategies
April 2001
Council of European Energy Regulators (CEER)

[11] Second benchmarking report on quality of electricity supply.
September 2003
Council of European Energy Regulators (CEER)

[12] http:// www.ofgem.gov.uk/

[13] SAN DIEGO GAS & ELECTRIC 2004
Electric System Reliability Report
[14] Measurement practices for reliability and power quality
A Toolkit of reliability measurement practices
June 2004
ORNL/TM.2004/91
[15] http://eetd.Ibl.gov/EA/EMP/emppubs.html
[16] Distribution Automation: Its Impact on Reliability and Benefits
of Supply in Distribution Systems
Ying He Goran Andersson Ron N.Allan
NORDAC 2000
Trondheim 22-23 May 2000
[17] Goewww.rutgers.edu/
[18] http://www.electrotek.com/
[19] http://www.engr.usask.ca/
[20] Impact of automatic service restoration on the reliability of
power distribution systems
Ying He,Goran Andersson and Ron N.Allan
Royal Institute of Technology, Sweden
[21] Modeling the Impact of Automation and Control on the
Reliability of Distribution Systems
Ying He,Goran Andersson and Ron N.Allan
Royal Institute of Technology, Sweden
[22] Electrical Power Systems Quality
Roger C.Dugan/Mark F.Mc Granaghan
Mc Graw- Hill New York 2002 (Book)
[23] Power Quality Handbook
www.scebiz.com
[24] IEEE 1100-1992
IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding
Sensitive Electronic Equipment
Emerald Book

[25] Indices Used to Assess RMS Voltage Variations
D.Daniel Sabin
Electrotek Concepts
dsabain@electrotek.com
[26] IEEE Standard Guide for Electric Power Distribution
Reliability Indices
IEEE Standard 1366-2001
[27] James J.Burke,Power Distribution Engineering:
Fundamentals and Applications, Marcel Dekker, Inc., 1994
[28] The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms
Seventh Edition
IEEE 100 2000



للمؤلفة:

١. المكثفات و تحسين معامل القدرة
٢. المحولات الكهربائية – الجزء الأول
٣. المحولات الكهربائية – الجزء الثانى
٤. الوقاية فى الشبكات الكهربائية –الجزء الأول
٥. التوافقيات فى الشبكات الكهربائية
٦. جودة التغذية الكهربائية
٧. الإضاءة و توفير الطاقة
٨. الوقاية فى الشبكات الكهربائية – الجزء الثانى
٩. إدارة طلب الطاقة – الجزء الأول
١٠. البيئة و غازات الإحتباس الحرارى
١١. إدارة طلب الطاقة – الجزء الثانى
١٢. إضطرابات جودة التغذية الكهربائية
١٣. إرشادات لوسائل التوعية لترشيد إستخدام الطاقة
١٤. ٧٥ فرصة لترشيد إستخدام الطاقة
١٥. الفقد فى الطاقة الكهربائية
١٦. مؤشرات إعتمادية الأنظمة الكهربائية و خدمة المشتركين

جميع حقوق الطبع محفوظة للمؤلفة

رقم الإيداع بدار الكتب المصرية
٢٠٠٦/٤٨٨٤
٢٠٠٦/٣/٧

دار الجامعيين
لطباعة الأوفست
٣٧ شارع السلطان عبد العزيز – الأزاريطة
ت ٤٨٦٢٠٠٤